SENAI

Departamento Regional de São Paulo

Manutenção

Escola SENAI"Conde Alexandre Siciliano"

MÓDULOS ESPECIAIS

MECÂNICA

TELECURSO 2000
PROFISSIONALIZANTE

AULA

1

Introdução à manutenção

Com a globalização da economia, a busca da qualidade total em serviços, produtos e gerenciamento ambiental passou a ser a meta de todas as empresas.

– O que a manutenção tem a ver com a qualidade total?

Disponibilidade de máquina, aumento da competitividade, aumento da lucratividade, satisfação dos clientes, produtos com defeito zero...

– Não entendi!

Vamos comparar. Imagine que eu seja um fabricante de rolamentos e que tenha concorrentes no mercado. Pois bem, para que eu venha a manter meus clientes e conquistar outros, precisarei tirar o máximo rendimento de minhas máquinas para oferecer rolamentos com defeito zero e preço competitivo.

Deverei, também, estabelecer um rigoroso cronograma de fabricação e de entrega de meus rolamentos. Imagine você que eu não faça **manutenção** de minhas máquinas...

– Estou começando a compreender.

Se eu não tiver um bom programa de manutenção, os prejuízos serão inevitáveis, pois máquinas com defeitos ou quebradas causarão:

- diminuição ou interrupção da produção;
- atrasos nas entregas;
- perdas financeiras;
- aumento dos custos;
- rolamentos com possibilidades de apresentar defeitos de fabricação;
- insatisfação dos clientes;
- perda de mercado.

Para evitar o colapso de minha empresa devo, obrigatoriamente, definir um programa de manutenção com métodos preventivos a fim de obter rolamentos nas **quantidades** previamente estabelecidas e com **qualidade**. Também devo incluir, no programa, as **ferramentas** a serem utilizadas e a previsão da vida útil de **cada elemento** das máquinas.

Todos esses aspectos mostram a importância que se deve dar à manutenção.

Um breve histórico

A manutenção, embora despercebida, sempre existiu, mesmo nas épocas mais remotas. Começou a ser conhecida com o nome de manutenção por volta do século XVI na Europa central, juntamente com o surgimento do relógio mecânico, quando surgiram os primeiros técnicos em montagem e assistência.

Tomou corpo ao longo da Revolução Industrial e firmou-se, como necessidade absoluta, na Segunda Guerra Mundial. No princípio da reconstrução pós-guerra, Inglaterra, Alemanha, Itália e principalmente o Japão alicerçaram seu desempenho industrial nas bases da engenharia e manutenção.

Nos últimos anos, com a intensa concorrência, os prazos de entrega dos produtos passaram a ser relevantes para todas as empresas. Com isso, surgiu a motivação para se prevenir contra as falhas de máquinas e equipamentos. Essa motivação deu origem à manutenção preventiva.

Em suma, nos últimos vinte anos é que tem havido preocupação de técnicos e empresários para o desenvolvimento de técnicas específicas para melhorar o complexo sistema **Homem/Máquina/Serviço**.

Conceito e objetivos

Podemos entender manutenção como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a **conservação**, a **adequação**, a **restauração**, a **substituição** e a **prevenção**. Por exemplo, quando mantemos as engrenagens lubrificadas, estamos conservando-as. Se estivermos retificando uma mesa de desempeno, estaremos restaurando-a Se estivermos trocando o plugue de um cabo elétrico, estaremos substituindo-o.

De modo geral, a manutenção em uma empresa tem como objetivos:

- manter equipamentos e máquinas em condições de pleno funcionamento para garantir a produção normal e a qualidade dos produtos;
- prevenir prováveis falhas ou quebras dos elementos das máquinas.

Alcançar esses objetivos requer manutenção diária em serviços de rotina e de reparos periódicos programados.

A manutenção ideal de uma máquina é a que permite alta disponibilidade para a produção durante todo o tempo em que ela estiver em serviço e a um custo adequado.

Serviços de rotina e serviços periódicos

Os serviços de rotina constam de inspeção e verificação das condições técnicas das unidades das máquinas. A detecção e a identificação de pequenos defeitos dos elementos das máquinas, a verificação dos sistemas de lubrificação e a constatação de falhas de ajustes são exemplos dos serviços da manutenção de rotina.

A responsabilidade pelos serviços de rotina não é somente do pessoal da manutenção, mas também de todos os operadores de máquinas. Salientemos que há, também, manutenção de emergência ou corretiva que será estudada logo adiante.

Os serviços periódicos de manutenção consistem de vários procedimentos que visam manter a máquina e equipamentos em perfeito estado de funcionamento. Esses procedimentos envolvem várias operações:

verificação de folga

- monitorar as partes da máquina sujeitas a maiores desgastes;
- ajustar ou trocar componentes em períodos predeterminados;
- exame dos componentes antes do término de suas garantias;
- replanejar, se necessário, o programa de prevenção;
- testar os componentes elétricos etc.

Os serviços periódicos de manutenção podem ser feitos durante paradas longas das máquinas por motivos de quebra de peças (o que deve ser evitado) ou outras falhas, ou durante o planejamento de novo serviço ou, ainda, no horário de mudança de turnos.

As paradas programadas visam à desmontagem completa da máquina para exame de suas partes e conjuntos. As partes danificadas, após exame, são recondicionadas ou substituídas. A seguir, a máquina é novamente montada e testada para assegurar a qualidade exigida em seu desempenho.

Reparos não programados também ocorrem e estão inseridos na categoria conhecida pelo nome de **manutenção corretiva**. Por exemplo, se uma furadeira de bancada estiver em funcionamento e a correia partir, ela deverá ser substituída de imediato para que a máquina não fique parada .

O acompanhamento e **o registro** do estado da máquina, bem como dos reparos feitos, são fatores importantes em qualquer programa de manutenção.

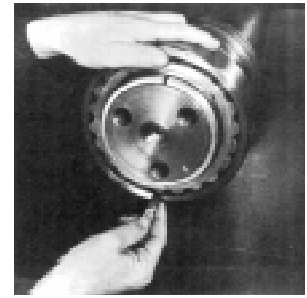
Tipos de manutenção

Há dois tipos de manutenção: **a planejada** e a **não planejada**.

A manutenção planejada classifica-se em quatro categorias: **preventiva**, **preditiva**, **TPM** e **Terotecnologia**.

A **manutenção preventiva** consiste no conjunto de procedimentos e ações antecipadas que visam manter a máquina em funcionamento.

A **manutenção preditiva** é um tipo de ação preventiva baseada no conhecimento das condições de cada um dos componentes das máquinas e equipamentos. Esses dados são obtidos por meio de um acompanhamento do desgaste de peças vitais de conjuntos de máquinas e de equipamentos. Testes periódicos são efetuados para determinar a época adequada para substituições ou reparos de peças. Exemplos: análise de vibrações, monitoramento de mancais .

A **TPM** (manutenção produtiva total) foi desenvolvida no Japão. É um modelo calcado no conceito “de minha máquina, cuido eu”. Estudaremos TPM na Aula 2.

A **Terotecnologia** é uma técnica inglesa que determina a participação de um especialista em manutenção desde a concepção do equipamento até sua instalação e primeiras horas de produção. Com a terotecnologia, obtêm-se equipamentos que facilitam a intervenção dos mantenedores.

Modernamente há empresas que aplicam o chamado *retrofitting*, que são reformas de equipamentos com atualização tecnológica. Por exemplo, reformar um torno mecânico convencional transformando-o em torno CNC é um caso de retrofitting.

A manutenção não planejada classifica-se em duas categorias: **a corretiva** e a **de ocasião**.

A **manutenção corretiva** tem o objetivo de localizar e reparar defeitos em equipamentos que operam em regime de trabalho contínuo.

A **manutenção de ocasião** consiste em fazer consertos quando a máquina se encontra parada.

Planejamento, programação e controle

Nas instalações industriais, as paradas para manutenção constituem uma preocupação constante para a programação da produção. Se as paradas não forem previstas, ocorrem vários problemas, tais como: atrasos no cronograma de fabricação, indisponibilidade da máquina, elevação dos custos etc.

Para evitar esses problemas, as empresas introduziram, em termos administrativos, o planejamento e a programação da manutenção. No Brasil, o planejamento e a programação da manutenção foram introduzidos durante os anos 60.

A função **planejar** significa conhecer os trabalhos, os recursos para executá-los e tomar decisões.

A função **programar** significa determinar pessoal, dia e hora para execução dos trabalhos.

Um plano de manutenção deve responder às seguintes perguntas:

- Como?
- O quê?
- Em quanto tempo?
- Quem?
- Quando?
- Quanto?

As três primeiras perguntas são essenciais para o planejamento e as três últimas, imprescindíveis para a programação.

O plano de execução deve ser controlado para se obter informações que orientem a tomada de decisões quanto a equipamentos e equipes de manutenção.

O controle é feito por meio de coleta e tabulação de dados, seguidos de interpretação. É desta forma que são estabelecidos os padrões ou normas de trabalho.

Organização e administração

Por organização do serviço de manutenção podemos entender a maneira como se compõem, se ordenam e se estruturam os serviços para o alcance dos objetivos visados.

A administração do serviço de manutenção tem o objetivo de normatizar as atividades, ordenar os fatores de produção, contribuir para a produção e a produtividade com eficiência, sem desperdícios e retrabalho.

O maior risco que a manutenção pode sofrer, especialmente nas grandes empresas, é o da perda do seu principal objetivo, por causa, principalmente, da falta de organização e de uma administração excessivamente burocratizada.

Exercícios

Exercício 1

Assinale **V** para as afirmações verdadeiras e **F** para as falsas.

a) ( ) Conservação, restauração e substituição de elementos de máquinas são operações desnecessárias nos programas de manutenção das empresas.

b) ( ) Garantir a produção normal e a qualidade dos produtos fabricados é um dos objetivos da manutenção efetuada pelas empresas.

c) ( ) A troca de óleo é um serviço de rotina na manutenção de máquinas.

d) ( ) A responsabilidade pelos serviços de rotina, na manutenção de máquinas, é exclusividade dos operadores.

e) ( ) O desmonte completo de uma máquina só ocorre em situações de emergência.

f) ( ) A checagem de ajustes é um serviço de rotina na manutenção de máquinas.

g) ( ) O registro do estado de uma máquina e dos reparos nela efetuados faz parte dos programas de manutenção das empresas.

Exercício 2

Responda.

a) No que consiste a manutenção preventiva?

b) Qual é o objetivo da manutenção corretiva?

c) No que consiste a manutenção de ocasião?

d) Em manutenção, o que significa planejar?

e) Quando se pensa em manutenção, quais são as perguntas básicas que devem ser feitas na fase do planejamento? E na fase da programação?

Exercício 3

Complete as frases.

a) Um bom programa de manutenção deve ter por base a organização e a ....

b) A coleta e a tabulação de dados, seguidas de interpretação, fazem parte do ....

AULA

2

TPM – Planejamento, organização, administração

Durante muito tempo as indústrias funcionaram com o sistema de manutenção corretiva. Com isso, ocorriam desperdícios, retrabalhos, perda de tempo e de esforços humanos, além de prejuízos financeiros.

A partir de uma análise desse problema, passou-se a dar ênfase na manutenção preventiva. Com enfoque nesse tipo de manutenção, foi desenvolvido o conceito de **manutenção produtiva total**, conhecido pela sigla **TPM** (*total productive maintenance*), que inclui programas de manutenção preventiva e preditiva.

Nesta aula , vamos estudar a manutenção produtiva total ou, simplesmente, TPM.

A origem da TPM

A manutenção preventiva teve sua origem nos Estados Unidos e foi introduzida no Japão em 1950.

Até então, a indústria japonesa trabalhava apenas com o conceito de manutenção corretiva, após a falha da máquina ou equipamento. Isso representava um custo e um obstáculo para a melhoria da qualidade.

A primeira indústria japonesa a aplicar e obter os efeitos do conceito de manutenção preventiva, também chamada de **PM** (*preventive maintenance*) foi a Toa Nenryo Kogyo, em 1951. São dessa época as primeiras discussões a respeito da importância da manutenibilidade e suas conseqüências para o trabalho de manutenção.

Em 1960, ocorre o reconhecimento da importância da manutenibilidade e da confiabilidade como sendo pontos-chave para a melhoria da eficiência das empresas. Surgiu, assim, a manutenção preventiva, ou seja, o enfoque da manutenção passou a ser o de confiança no setor produtivo quanto à qualidade do serviço de manutenção realizado.

Na busca de maior eficiência da manutenção produtiva, por meio de um sistema compreensivo, baseado no respeito individual e na total participação dos empregados, surgiu a **TPM**, em 1970, no Japão.

Nessa época era comum:

- avanço na automação industrial;
- busca em termos da melhoria da qualidade;
- aumento da concorrência empresarial;
- emprego do sistema "just-in-time";
- maior consciência de preservação ambiental e conservação de energia;
- dificuldades de recrutamento de mão-de-obra para trabalhos considerados sujos, pesados ou perigosos;
- aumento da gestão participativa e surgimento do operário polivalente.

Todas essas ocorrências contribuíram para o aparecimento da **TPM**. A empresa usuária da máquina se preocupava em valorizar e manter o seu patrimônio, pensando em termos de custo do ciclo de vida da máquina ou equipamento. No mesmo período, surgiram outras teorias com os mesmos objetivos.

Evolução do conceito de manutenção

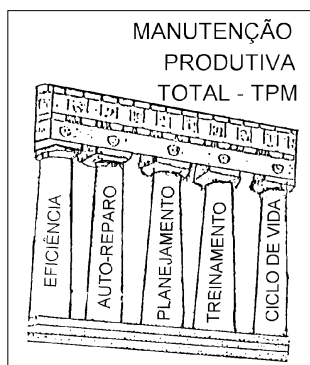
O quadro a seguir mostra a evolução do conceito de manutenção ao longo do tempo.

PERÍODOS	ATÉ DÉCADA DE 1950	DÉCADA DE 1950	DÉCADA DE 1960	DÉCADA DE 1980
Estágio Conceitos	Manutenção corretiva	Manutenção preventiva	Manutenção do sistema de produção	Manutenção produtiva total (TPM)
Reparo corretivo	x	x	x	x
Gestão mecânica da manutenção		x	x	x
Manutenções preventivas		x	x	x
Visão sistemática			x	x
Manutenção corretiva com incorporação de melhorias			x	x
Prevenção de manutenção			x	x
Manutenção preditiva				x
Abordagem participativa				x
Manutenção autônoma				x

Os cinco pilares da TPM são as bases sobre as quais construímos um programa de TPM, envolvendo toda a empresa e habilitando-a para encontrar metas, tais como defeito zero, falhas zero, aumento da disponibilidade de equipamento e lucratividade.

Os cinco pilares são representados por:

- eficiência;
- auto-reparo;
- planejamento;
- treinamento;
- ciclo de vida.

Esquematicamente:

Os cinco pilares são baseados nos seguintes princípios:

- Atividades que aumentam a eficiência do equipamento.
- Estabelecimento de um sistema de manutenção autônomo pelos operadores.
- Estabelecimento de um sistema planejado de manutenção.
- Estabelecimento de um sistema de treinamento objetivando aumentar as habilidades técnicas do pessoal.
- Estabelecimento de um sistema de gerenciamento do equipamento.

Objetivos da TPM

O objetivo global da TPM é a melhoria da estrutura da empresa em **termos materiais** (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria-prima, produtos etc.) e em **termos humanos** (aprimoramento das capacitações pessoais envolvendo conhecimentos, habilidades e atitudes). A meta a ser alcançada é o rendimento operacional global.

As melhorias devem ser conseguidas por meio dos seguintes passos:

- Capacitar os operadores para conduzir a manutenção de forma voluntária.
- Capacitar os mantenedores a serem polivalentes, isto é, atuarem em equipamentos mecatrônicos.
- Capacitar os engenheiros a projetarem equipamentos que dispensem manutenção, isto é, o "ideal" da máquina descartável.
- Incentivar estudos e sugestões para modificação dos equipamentos existentes a fim de melhorar seu rendimento.

- Aplicar o programa dos oito S:
  1. **Seiri** = organização; implica eliminar o supérfluo.
  2. **Seiton** = arrumação; implica identificar e colocar tudo em ordem .
  3. **Seiso** = limpeza; implica limpar sempre e não sujar.
  4. **Seiketsu** = padronização; implica manter a arrumação, limpeza e ordem em tudo.
  5. **Shitsuke** = disciplina; implica a autodisciplina para fazer tudo espontaneamente.
  6. **Shido** = treinar; implica a busca constante de capacitação pessoal.
  7. **Seison** = eliminar as perdas.
  8. **Shikari yaro** = realizar com determinação e união.
- Eliminar as seis grandes perdas:
  1. Perdas por quebra.
  2. Perdas por demora na troca de ferramentas e regulagem.
  3. Perdas por operação em vazio (espera).
  4. Perdas por redução da velocidade em relação ao padrão normal.
  5. Perdas por defeitos de produção.
  6. Perdas por queda de rendimento.
- Aplicar as cinco medidas para obtenção da "quebra zero":
  1. Estruturação das condições básicas.
  2. Obediência às condições de uso.
  3. Regeneração do envelhecimento.
  4. Sanar as falhas do projeto (terotecnologia).
  5. Incrementar a capacitação técnica.

A idéia da "quebra zero" baseia-se no conceito de que a quebra é a falha visível. A falha visível é causada por uma coleção de falhas invisíveis como um iceberg.

Logo, se os operadores e mantenedores estiverem conscientes de que devem evitar as falhas invisíveis, a quebra deixará de ocorrer.

As falhas invisíveis normalmente deixam de ser detectadas por motivos físicos e psicológicos.

Motivos físicos

As falhas não são visíveis por estarem em local de difícil acesso ou encobertas por detritos e sujeiras.

Motivos psicológicos

As falhas deixam de ser detectadas devido à falta de interesse ou de capacitação dos operadores ou mantenedores.

Manutenção autônoma

Na TPM os operadores são treinados para supervisionarem e atuarem como mantenedores em primeiro nível. Os mantenedores específicos são chamados quando os operadores de primeiro nível não conseguem solucionar o problema. Assim, cada operador assume suas atribuições de modo que tanto a manutenção preventiva como a de rotina estejam constantemente em ação. Segue uma relação de suas principais atividades:

- Operação correta de máquinas e equipamentos.
- Aplicação dos oito S.
- Registro diário das ocorrências e ações.
- Inspeção autônoma.
- Monitoração com base nos seguintes sentidos humanos: visão, audição, olfato e tato.
- Lubrificação.
- Elaboração de padrões (procedimentos).
- Execução de regulagens simples.
- Execução de reparos simples.
- Execução de testes simples.
- Aplicação de manutenção preventiva simples.
- Preparação simples (set-up).
- Participação em treinamentos e em grupos de trabalho.

Efeitos da TPM na melhoria dos recursos humanos

Na forma como é proposta, a TPM oferece plenas condições para o desenvolvimento das pessoas que atuam em empresas preocupadas com manutenção. A participação de todos os envolvidos com manutenção resulta nos seguintes benefícios:

- Realização (autoconfiança).
- Aumento da atenção no trabalho.
- Aumento da satisfação pelo trabalho em si (enriquecimento de cargo).
- Melhoria do espírito de equipe.
- Melhoria nas habilidades de comunicação entre as pessoas.
- Aquisição de novas habilidades.
- Crescimento através da participação.
- Maior senso de posse das máquinas.
- Diminuição da rotatividade de pessoal.
- Satisfação pelo reconhecimento.

Para finalizar “a manutenção não deve ser apenas aquela que conserta, mas, sim, aquela que elimina a necessidade de consertar” (Anônimo).

Exercícios

Marque com X a alternativa correta.

Exercício 1

A sigla TPM significa:

a) ( ) Total manutenção preventiva;
b) ( ) Manutenção preditiva total;
c) ( ) Manutenção produtiva total;
d) ( ) Máquina produtiva total;
e) ( ) Manutenção perfeita e total.

Exercício 2

Quais as ocorrências que contribuíram para o aparecimento da TPM ?

a) ( ) Recessão industrial; buscas em termos da melhoria da qualidade e aumento da concorrência empresarial.

b) ( ) Avanços na automação industrial; emprego do sistema "just-in-time"; facilidade de recrutamento de mão-de-obra para trabalhos sujos, pesados ou perigosos.

c) ( ) Dificuldade em conservação de energia; emprego do sistema "just-in-time".

d) ( ) Dificuldade de recrutamento de mão-de-obra e avanço na automação industrial.

e) ( ) Avanços na automação industrial; emprego do sistema "just-in-time"; maior consciência de preservação ambiental e conservação de energia.

Exercício 3

Os cinco pilares da TPM são:

a) ( ) Eficiência, planejamento, autotreinamento, auto-reparo e ciclo de vida.

b) ( ) Eficiência, planejamento, auto-reparo , treinamento e ciclo de vida.

c) ( ) Eficiência, planejamento, reparo, treinamento e ciclo de reparo.

d) ( ) Eficiência, planejamento, auto-reparo, organização e administração.

e) ( ) Eficiência, planejamento, ciclo da energia, treinamento e oito S.

Exercício 4

Os efeitos da TPM na melhoria dos recursos humanos são:

a) ( ) Aumento da atenção no trabalho; melhoria do espírito de equipe; satisfação pelo reconhecimento e melhoria nas habilidades de comunicação entre as pessoas.

b) ( ) Melhoria do espírito de equipe; autodisciplina para fazer tudo espontaneamente; incrementar a capacitação técnica; participação em grupos de trabalho e em treinamentos.

c) ( ) Aumento da atenção no trabalho; melhoria na capacidade de trabalhar sozinho; satisfação salarial e aumento da liderança autocrática.

d) ( ) Incrementar a capacitação técnica; aquisição de técnicas de gerenciamento; melhoria nas habilidades de comunicação entre as pessoas e melhoria do espírito de equipe.

e) ( ) Autodisciplina para fazer tudo espontaneamente; participação em treinamentos e em grupos de trabalho; melhoria do espírito individual e aumento da gestão participativa.

Exercício 5

Complete a frase.

Normalmente as falhas invisíveis deixam de ser detectadas por motivos .... e ....

Exercício 6

Relacione a coluna 1 de acordo com a 2:

Coluna 1	**Coluna 2**
a) Seiri	**1.** ( ) Eliminar perdas.
b) Seiton	**2.** ( ) Limpeza, limpar sempre e não sujar.
c) Seiso	**3.** ( ) Arrumação.
d) Seiketsu	**4.** ( ) Disciplina.
e) Shitsuke	**5.** ( ) Treinar.
f) Shido	**6.** ( ) Realizar com determinação.
g) Seison	**7.** ( ) Eliminar o supérfluo.
h) Shikari yaro	**8.** ( ) Padronização.
	9. ( ) Conserto.

AULA

3

CPM (Critical Path Method) – Método do caminho crítico

O serviço de manutenção de máquinas é indispensável e deve ser constante. Por outro lado, é necessário manter a produção, conforme o cronograma estabelecido.

Esses dois aspectos levantam a questão de como conciliar o tempo com a paradas das máquinas para manutenção sem comprometer a produção.

Nesta aula veremos como as empresas conciliam o tempo com a paradas das máquinas, considerando a produção.

Rotina de planejamento

O setor de planejamento recebe as requisições de serviço, analisa o que e como deve ser feito, quais as especialidades e grupos envolvidos, e os materiais e ferramentas a serem utilizados. Isso resulta no plano de operações, na lista de materiais para empenho ou compra de estoque e outros documentos complementares como relação de serviços por grupo, ordens de serviço etc.

Quando há necessidade de estudos especiais, execução de projetos e desenhos ou quando o orçamento de um trabalho excede determinado valor, o setor de planejamento requisita os serviços da Engenharia de Manutenção. Ela providencia os estudos necessários e verifica a viabilidade econômica.

Se o estudo ou projeto for viável, todas as informações coletadas pelo planejamento são enviadas ao setor de programação, que prepara o cronograma e os programas diários de trabalho coordenando a movimentação de materiais.

Seqüência para planejamento

É o rol de atividades para o planejador atingir o plano de operação e emitir os documentos necessários.

Esse rol de atividades consiste em:

- Listar os serviços a serem executados;
- Determinar o tempo, especialidades e número de profissionais;
- Determinar a seqüência lógica das operações de trabalho por meio do **diagrama espinha de peixe**;
- Construir PERT-CPM;
- Construir **diagrama de barras (Gantt)**, indicando as equipes de trabalho;
- Emitir as ordens de serviço, a lista de materiais, a relação de serviços por grupo e outros documentos que variam conforme a empresa.

Diagrama espinha de peixe

É uma construção gráfica simples que permite construir e visualizar rapidamente a seqüência lógica das operações.

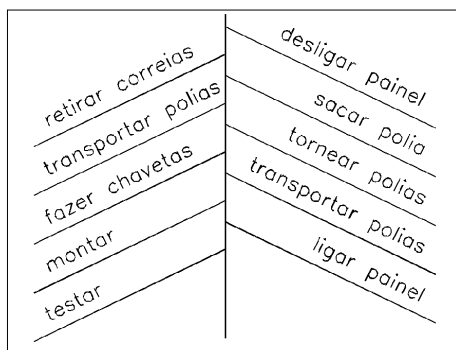
Exemplo:

Em planejamentos simples e para um único grupo de trabalho, pode-se passar da espinha de peixe ao **diagrama de barras** ou o **diagrama de Gantt.**

Diagrama de Gantt

É um cronograma que permite fazer a programação das tarefas mostrando a dependência entre elas. Usado desde o início do século, consiste em um diagrama onde cada barra tem um comprimento diretamente proporcional ao tempo de execução real da tarefa. O começo gráfico de cada tarefa ocorre somente após o término das atividades das quais depende.

As atividades para elaboração do diagrama são a determinação das tarefas, das dependências, dos tempos e a construção gráfica.

Vamos exemplificar considerando a fabricação de uma polia e um eixo. A primeira providência é listar as tarefas, dependências e tempo envolvidos.

TAREFAS	DESCRIÇÃO	DEPENDE DE	TEMPO/DIAS
A	preparar desenhos e lista de materiais	–	1
B	obter materiais para o eixo	A	2
C	tornear o eixo	B	2
D	fresar o eixo	C	2
E	obter materiais para a polia	A	3
F	tornear a polia	E	4
G	montar o conjunto	D e F	1
H	balancear o conjunto	G	0,5

De posse da lista, constrói-se o diagrama de Gantt.

Tarefas	Tempo											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A												
B												
C												
D												
E												
F												
G												
H												

O diagrama de Gantt é um auxiliar importante do planejador e do programador, pois apresenta facilidade em controlar o tempo e em reprogramá-lo. Apesar desta facilidade, o diagrama de Gantt não resolve todas as questões, tais como:

– Quais tarefas atrasaríam se a terceira tarefa (C) se atrasar um dia?
– Como colocar de forma clara os custos no diagrama?
– Quais tarefas são críticas para a realização de todo o trabalho?

Para resolver as questões que o diagrama de Gantt não consegue solucionar, foram criados os métodos PERT - CPM.

Métodos PERT – CPM

Os métodos **PERT** *(Program Evoluation and Review Technique* – Programa de Avaliação e Técnica de Revisão*)* e **CPM** *(Critical Parth Method* – Método do Caminho Crítico*)* foram criados em 1958.

O PERT foi desenvolvido pela NASA com o fim de controlar o tempo e a execução de tarefas realizadas pela primeira vez.

O CPM foi criado na empresa norte-americana Dupont com o objetivo de realizar as paradas de manutenção no menor prazo possível e com o nível constante de utilização dos recursos.

Os dois métodos são quase idênticos; porém, as empresas, em termos de manutenção, adotam basicamente o CPM .

Método CPM

O CPM se utiliza de construções gráficas simples como flechas, círculos numerados e linhas tracejadas, que constituem, respectivamente:

- o diagrama de flechas;
- a atividade fantasma;
- o nó ou evento.

Diagrama de flechas – É um gráfico das operações, em que cada operação é representada por uma flecha. Cada flecha tem uma ponta e uma cauda. A cauda representa o início da operação e a ponta marca o seu final.

As flechas são usadas para expressar as relações entre as operações e definir uma ou mais das seguintes situações:
- a operação deve preceder algumas operações;
- a operação deve suceder algumas operações;
- a operação pode ocorrer simultaneamente a outras operações.

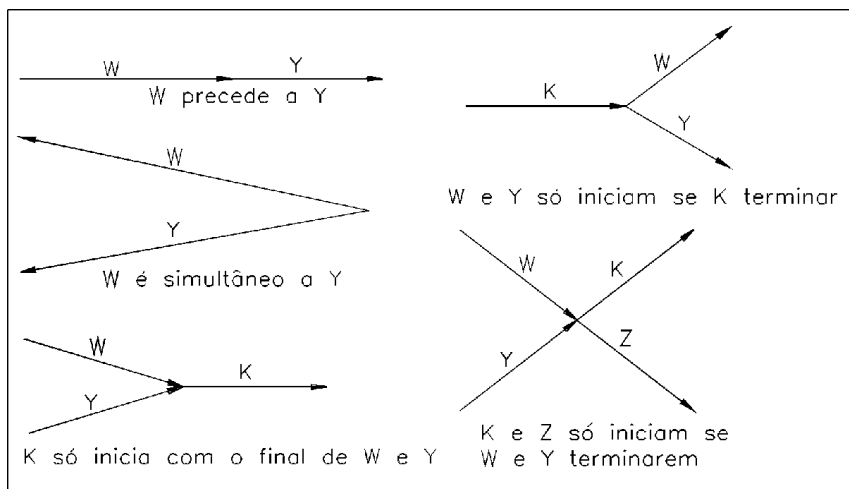
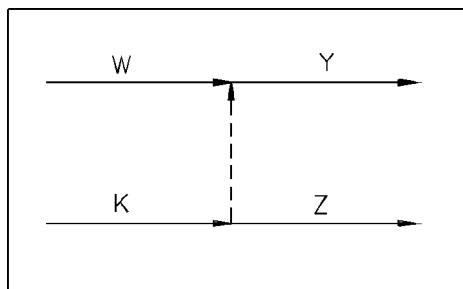
Exemplo:

W precede a Y

W é simultâneo a Y

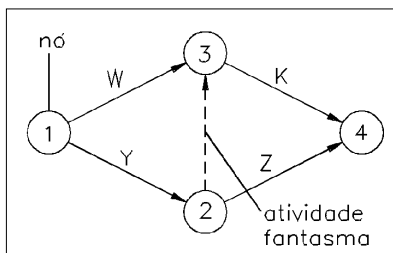
K só inicia com o final de W e Y

W e Y só iniciam se K terminar

K e Z só iniciam se W e Y terminarem

Atividade fantasma – É uma flecha tracejada usada como artifício para identificar a dependência entre operações. É também chamada de operação imaginária e não requer tempo. Observe a figura:

A figura exemplifica as seguintes condições:
- W deve preceder Y;
- K deve preceder Z;
- Y deve seguir-se a W e K.

Assim, as atividades W, Y, K e Z são operações físicas como tornear, montar, testar etc. Cada uma dessas operações requer um tempo de execução, enquanto a atividade fantasma é um ajuste do cronograma, isto é, depende apenas da programação correta.

Nó ou evento – São círculos desenhados no início e no final de cada flecha. Têm o objetivo de facilitar a visualização e os cálculos de tempo. Devem ser numerados e sua numeração é aleatória.

Exemplo:

O nó não deve ser confundido com uma atividade que demande tempo. Ele é um instante, isto é, um limite entre o início de uma atividade e o final de outra.

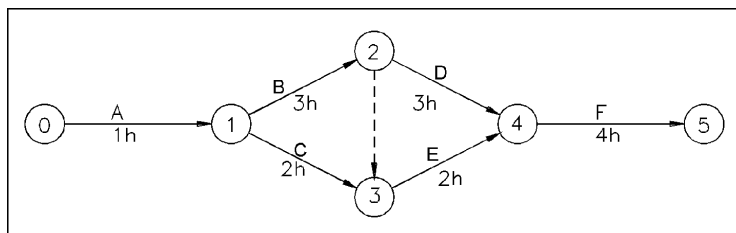
Construção do diagrama CPM

Para construir o diagrama é preciso ter em mãos a lista das atividades, os tempos e a seqüência lógica. Em seguida, vai-se posicionando as flechas e os nós obedecendo a seqüência lógica e as relações de dependência. Abaixo de cada flecha, coloca-se o tempo da operação e acima, a identificação da operação.

Exemplo:
Um torno apresenta defeitos na árvore e na bomba de lubrificação e é preciso corrigir tais defeitos.

O que fazer ?
Primeiramente, listam -se as tarefas, dependências e tempos, numa seqüência lógica:

TAREFAS	DESCRIÇÃO	DEPENDE DE	TEMPO
A	retirar placa, proteções e esgotar óleo	-	1 h
B	retirar árvore e transportá-la	A	3 h
C	lavar cabeçote	A	2 h
D	trocar rolamentos	B	3 h
E	trocar reparo da bomba	B e C	2 h
F	de lubrificação montar, abastecer e testar o conjunto	D e E	4 h

A seguir, constrói-se o diagrama:

O caminho crítico

É um caminho percorrido através dos eventos (nós) cujo somatório dos tempos condiciona a duração do trabalho. Por meio do caminho crítico obtém-se a duração total do trabalho e a folga das tarefas que não controlam o término do trabalho.

No diagrama anterior há três caminhos de atividades levando o trabalho do evento 0 (zero) ao evento 5:

- A – B – D – F , com duração de 11 horas;
- A – C – E – F , com duração de 9 horas;
- A – B – imaginária – E – F, com duração de 10 horas.

Há, pois, um caminho com duração superior aos demais, que condiciona a duração do projeto.

É este o caminho crítico. A importância de se identificar o caminho crítico fundamenta-se nos seguintes parâmetros:

- permitir saber, de imediato, se será possível ou não cumprir o prazo anteriormente estabelecido para a conclusão do plano;
- identificar as atividades críticas que não podem sofrer atrasos, permitindo um controle mais eficaz das tarefas prioritárias;
- permitir priorizar as atividades cuja redução terá menor impacto na antecipação da data final de término dos trabalhos, no caso de ser necessária uma redução desta data final;
- permitir o estabelecimento da primeira data do término da atividade;
- permitir o estabelecimento da última data do término da atividade.

Freqüentemente, o caminho crítico é tão maior que os demais que basta acelerá-lo para acelerar todo o trabalho.

Tendo em vista o conceito do caminho crítico, pode-se afirmar que as tarefas C e E do diagrama anterior podem atrasar até duas horas sem comprometer a duração total.

Resultado final da aplicação do CPM

O método do caminho crítico permite um balanceamento dos recursos, principalmente mão-de-obra. O departamento de manutenção possui um contingente fixo e não é desejável ter um perfil de utilização desse contingente com carência em uns momentos e ociosidade em outros.

Para evitar este problema, o planejador joga com o atraso das tarefas com folga e o remanejamento do pessoal envolvido nas tarefas iniciais.

Nas paradas para reformas parciais ou totais, após o balanceamento dos recursos físicos e humanos com programação de trabalho em horários noturnos e em fins de semana, pode ocorrer ainda a carência de mão-de-obra. Neste caso, a solução é a contratação de serviços externos ou a ampliação do quadro de pessoal. Essas decisões só podem ser tomadas após a análise e comprovação prática das carências.

Exercícios

Exercício 1

Na elaboração de um planejamento de manutenção existe uma seqüência ou um rol de atividades para o planejador atingir o plano de operação e emitir os documentos necessários. Coloque a sequência abaixo em ordem, numerando-a de 1 a 6:

a) ( ) Construir PERT-CPM
b) ( ) Determinar o tempo
c) ( ) Construir o diagrama de barras
d) ( ) Listar os serviços a serem executados
e) ( ) Determinar a seqüência lógica das operações através do diagrama espinha de peixe
f) ( ) Emitir as ordens de serviço

Assinale com X a alternativa correta.

Exercício 2

O diagrama de construção gráfica simples que permite visualizar rapidamente a seqüência lógica de operações é o diagrama :

a) ( ) de Gantt
b) ( ) de barras
c) ( ) espinha de peixe
d) ( ) PERT
e) ( ) CPM

Exercício 3

Para resolver as questões que o diagrama de Gantt não consegue solucionar, foram criados os diagramas:

a) ( ) espinhas de peixe;
b) ( ) PERT-CPM;
c) ( ) de barras;
d) ( ) de flechas;
e) ( ) de custos.

Exercício 4

Complete as frases.

a) O .... foi desenvolvido com a finalidade de controlar o tempo e a execução de tarefas a serem realizadas pela primeira vez.
b) O .... foi criado com o objetivo de realizar as paradas de .... no menor prazo possível e com o nível constante de utilização dos recursos.
c) O CPM se utiliza de construções gráficas simples como ...., ... numerados e linhas.
d) Atividade .... é também chamada operação imaginária e não requer tempo.
e) O objetivo de um nó ou evento é facilitar a .... e os cálculos de tempo.

Exercício 5

Construa um diagrama CPM para uma fresadora que apresenta defeitos no acionamento da mesa. Utilize os dados da tabela para construir o diagrama.

TAREFAS	DESCRIÇÃO	DEPENDE DE	TEMPO
A	desmontar o conjunto de acionamento da mesa	-	4 h
B	lavar o conjunto da mesa	A	1 h
C	recuperar as guias	B	2 h
D	troca de engrenagens danificadas	B	1 h
E	montar guias	C	2 h
F	montar engrenagens	D	2 h
G	teste dos conjuntos	E e F	0,5 h

Consideremos uma linha de produção de uma fábrica de calçados e que a máquina que faz as costuras no solado pare de funcionar por um motivo qualquer.

Se providências não forem tomadas imediatamente, toda a produção de calçados com costuras no solado ficará comprometida.

Diante de situações como esta, a **manutenção corretiva** deverá entrar em ação, e nesta aula veremos como são elaborados os documentos que compõem a manutenção corretiva.

Manutenção corretiva

Manutenção corretiva é aquela de atendimento imediato à produção. Esse tipo de manutenção baseia-se na seguinte filosofia: "equipamento parou, manutenção conserta imediatamente".

Não existe filosofia, teoria ou fórmula para dimensionar uma equipe de manutenção corretiva, pois nunca se sabe quando alguém vai ser solicitado para atender aos eventos que requerem a presença dos mantenedores. Por esse motivo, as empresas que não têm uma manutenção programada e bem administrada convivem com o caos, pois nunca haverá pessoal de manutenção suficiente para atender às solicitações. Mesmo que
venham a contar com pessoal de manutenção em quantidade suficiente, não saberão o que fazer com os mantenedores em épocas em que tudo caminha tranqüilamente.

É por esse motivo que, normalmente, a manutenção aceita serviços de montagem para executar e nunca cumpre os prazos estabelecidos, pois há ocasiões em que terá de decidir se atende às emergências ou continua montando o que estava programado.

Como as ocorrências de emergência são inevitáveis, sempre haverá necessidade de uma equipe para esses atendimentos, mesmo porque, não se deve ter 100% de manutenção preventiva. Dependendo do equipamento, às vezes é mais conveniente, por motivos econômicos, deixá-lo parar e resolver o problema por atendimento de emergência.

Mesmo em empresas que não podem ter emergências, às vezes elas ocorrem com resultados geralmente catastróficos. Exemplo: empresas aéreas.

Nas empresas que convivem com emergências que podem redundar em desastres, deve haver uma equipe muito especial de manutenção, cuja função é eliminar ou minimizar essas emergências.

A filosofia que deve ser adotada é: “Emergências não ocorrem, são causadas. Elimine a causa e você não terá novamente a mesma emergência”.

Atendimento

A equipe de manutenção corretiva deve estar sempre em um local específico para ser encontrada facilmente e atender à produção de imediato.

Como a equipe não sabe o local onde vai atuar, o usuário com problemas deverá solicitar o atendimento por telefone, porém, para efeitos de registro e estatística, ele deverá emitir um documento com as seguintes informações:

Equipamento .... da seção .... parou às .... horas do dia ....

Um analista da equipe de manutenção corretiva atende ao chamado, verifica o que deve ser feito e emite uma ficha de execução para sanar o problema.

Um modelo de ficha de execução é dado a seguir.

FRENTE

Ficha de Execução

Unidade .... Data ....

Equipamento .... Conjunto .... Subconjunto ....

Inspeção	Parada de Produção
Trabalho a realizar	Natureza de Avaria
Trabalho realizado	Causa de Avaria

	Prevista	Realizada	Parada de Produção	Visto	

VERSO

Ficha de Execução

Duração	Término	Início	Data	chapa

O preenchimento da frente da ficha de execução deve seguir os passos:

- preencher o campo **unidade** ou área onde o equipamento está localizado;
- preencher o campo **data**;

- preencher o campo **equipamento** citando o nome do equipamento;
- preencher os **campos conjunto e subconjunto**;
- preencher o campo **trabalho a realizar** especificando exatamente o que fazer e onde fazer;
- preencher o campo **trabalho realizado**;
- preencher o campo **parada da produção** colocando código 00 quando for emergência (serviço não programado) e código 11 quando for preventiva (serviços programados);
- preencher os campos **natureza da avaria** e **causas da avaria** citados nos anexos 1 e 2:

Anexo 1

Natureza da avaria	Código
Deslocamento do equipamento	00
Ruptura	01
Cisalhamento	02
Trinca	03
Esmagamento	04
Entalhe	05
Perfuração	06
Corrosão	07
Erosão	08
Oxidação	09
Engripamento	10
Estrangulamento	11
Entupimento	12
Descarrilhamento	13
Aquecimento	14
Desregulagem	15
Desaperto	16
Curto-circuito	30
Colamento	31
Perda de propriedades físicas	32
Perda de propriedades químicas	33
Perda de propriedades térmicas	34
Perda de propriedades elétricas	35

Anexo 2

Causas da avaria	Código
Introdução de líquidos gordurosos exteriores ao equipamento	11
Introdução de líquidos não gordurosos exteriores ao equipamento	12
Introdução de pó químico na máquina	15
Incrustação	16
Introdução de corpo sólido exterior à máquina	17
Falta de filtragem	18
Introdução de ar no sistema	19
Introdução de líquidos gordurosos procedentes da máquina	21
Introdução de líquidos não gordurosos procedentes da máquina	22
Introdução de pó procedentes da máquina	25
Introdução de corpo sólido	27
Influência da umidade	31
Influência da temperatura baixa	32
Influência de temperatura elevada	33
Atmosfera corrosiva	35
Desgaste excessivo	41
Falta de isolamento térmico	42
Abaixamento do solo	43
Modificações geométricas dos suportes	44
Ligação errada	49
Defeito de material	50
Erro de fabricação	51
Peça de reposição não adequada	52
Erro de concepção	53
Defeito de montagem	54
Má ajustagem	55
Manobra errada da operação	56
Falta de limpeza	60
Excesso de carga	61
Desaperto	62
Falta de lubrificação	72
Choques	73
Vibração anormal	74
Atrito	75

As relações de natureza e causa dos anexos 1 e 2 não são definitivas. Elas podem e devem ser ampliadas.

Salientemos que para se colocar o código de natureza e causa de avaria é necessário analisar profundamente o problema, pois e-xiste sempre uma causa fundamental. Às vezes uma natureza de avaria pode vir a ser causa para outro tipo de natureza de avaria. Exemplo: desgaste de um eixo.
Nesse exemplo, temos como **natureza** o desgaste do eixo e como **causa** do desgaste a falta de lubrificação, porém, o que causou a falta de lubrificação?

O preenchimento do verso da ficha de execução deve seguir os passos:

- preencher o campo **chapa** com a identificação do funcionário;
- preencher o campo **data**;
- preencher os campos **início, término e duração** do trabalho.

Os campos 'data', 'início', 'término' e 'duração' do trabalho na primeira linha do verso apresentarão apenas eventos previstos. Somente a partir da segunda linha é que apresentarão eventos realizados, de acordo com o desenvolvimento do trabalho.

Quando o trabalho tiver sido executado, fecha-se a coluna duração e transfere-se o resultado obtido (horas, dias) para o campo 'realizada', existente na frente da ficha. Após isso, pede-se para a chefia colocar o visto no respectivo campo para liberação do e-quipamento.

A equipe de manutenção, evidentemente, deverá eliminar as e-mergências; porém, sempre se preocupando em deixar o equipamento trabalhando dentro de suas características originais, de acordo com seu projeto de fabricação.

Após o conserto e a liberação do equipamento para a produção, o analista da manutenção corretiva é obrigado a enviar para o setor de Engenharia da Manutenção um relatório de avaria. Nesse relatório o analista pode e deve sugerir alguma providência ou modificação no projeto da máquina para que o tipo de avaria ocorrida – e solucionada – não venha a se repetir.

Modelo de relatório de avaria

Abaixo apresentamos um modelo de relatório de avaria e mostramos como preenchê-lo.

RELATÓRIO DE AVARIA

UNIDADE . . . .
EQUIPAMENTO . . . . CONJUNTO . . . .
SUBCONJUNTO . . . . DATA . . . .

NATUREZA DA AVARIA . . . .

CAUSA DA AVARIA . . . .

SUJESTÃO . . . .

O preenchimento do relatório de avaria deve seguir os passos :

- preencher o campo **unidade** com nome e código;
- preencher o campo **equipamento** com nome e código;
- prencher o campo **conjunto** com código;
- preencher o campo **subconjunto** com código;
- preencher o campo **data** com a data de ocorrência;
- preencher o campo **natureza da avaria** com código (anexo 1) e relatar a ocorrência;
- preencher o campo **causa da avaria** com código (anexo 2) e relatar a causa fundamental;
- preencher o campo **sugestão** indicando alguma providência ou modificação no projeto.

Observação: É conveniente ressaltar que os modelos de ficha de execução e os modelos de relatório de avaria mudam de empresa para empresa, bem como os códigos de natureza da avaria e suas causas. Não há, infelizmente, uma norma a respeito do assunto.

Exercícios

Numa unidade de pintura, o equipamento de exaustão, pertencente ao subconjunto nº 83 do conjunto nº 235 responsável pela retirada do excesso de concentração de solventes, parou inesperadamente por motivo de desregulagem da correia. Esta desregulagem foi causada pelo mau ajuste na montagem do aparelho.

Prevendo que para consertar a desregulagem serão gastas duas horas de trabalho, marque com X a alternativa correta dos exercícios.

1. A desregulagem, em termos da natureza de avaria, segundo anexo 1, tem por código o número:

a) ( ) 12;
b) ( ) 13;
c) ( ) 14;
d) ( ) 15;
e) ( ) 16.

2. A má ajustagem, em termos de causa de avaria, segundo o anexo 2, tem por código o número:

a) ( ) 54;
b) ( ) 55;
c) ( ) 56;
d) ( ) 60;
e) ( ) 61.

3. De acordo com o texto e as respostas dos exercícios anteriores, preencha a frente da ficha de execução.

FRENTE

Ficha de Execução

Unidade .... Data ....
Equipamento .... Conjunto .... Subconjunto ....

Inspeção	Parada de Produção
....	
Trabalho a realizar	Natureza de Avaria
....	
Trabalho realizado	Causa de Avaria
....	

	Prevista	Realizada	Parada de Produção	Visto	

4. Responda.
Por que o conserto da desregulagem da correia do quipamento é considerado uma manutenção de emergência?

Gabarito

1. d
2. b
3. Unidade: pintura
Equipamento: de exaustão
Subconjunto: 83
Conjunto: 235
Parada: 2:00
Natureza da avaria: 15

4. Porque o conjunto sofreu uma parada inesperada motivada pela desregulagem da correia.

AULA

5

Manutenção preventiva

Consideremos o motor de um automóvel. De tempos em tempos o usuário deverá trocar o óleo do cárter. Não realizando essa operação periódica, estaria correndo o risco de danificar os elementos que constituem o motor.

Como o usuário faria para poder controlar essa troca periódica do óleo do motor?

Para realizar esse controle, o usuário deverá acompanhar a quilometragem do carro e, baseado nela, fazer a previsão da troca do óleo.

Essa previsão nada mais é do que uma simples manutenção preventiva, que é o assunto desta aula.

Conceitos

A manutenção preventiva obedece a um padrão previamente esquematizado, que estabelece paradas periódicas com a finalidade de permitir a troca de peças gastas por novas, assegurando assim o funcionamento perfeito da máquina por um período predeterminado.

O método preventivo proporciona um determinado ritmo de trabalho, assegurando o equilíbrio necessário ao bom andamento das atividades.

O controle das peças de reposição é um problema que atinge todos os tipos de indústria. Uma das metas a que se propõe o órgão de manutenção preventiva é a diminuição sensível dos estoques. Isso se consegue com a organização dos prazos para reposição de peças. Assim, ajustam-se os investimentos para o setor.

Se uma peça de um conjunto que constitui um mecanismo estiver executando seu trabalho de forma irregular, ela estabelecerá, fatalmente, uma sobrecarga nas demais peças que estão interagindo com ela. Como conseqüência, a sobrecarga provocará a diminuição da vida útil das demais peças do conjunto. O problema só pode ser resolvido com a troca da peça problemática, com **antecedência,** para preservar as demais peças.

Em qualquer sistema industrial, a improvisação é um dos focos de prejuízo. É verdade que quando se improvisa pode-se evitar a paralisação da produção, mas perde-se em eficiência. A improvisação pode e deve ser evitada por meio de métodos preventivos estabelecidos pelos técnicos de manutenção preventiva. A aplicação de métodos preventivos assegura um trabalho uniforme e seguro.

O planejamento e a organização, fornecidos pelo método preventivo, são uma garantia aos homens da produção que podem controlar, dentro de uma faixa de erro mínimo, a entrada de novas encomendas.

Com o tempo, os industriais foram se conscientizando de que a máquina que funcionava ininterruptamente até quebrar acarretava vários problemas que poderiam ser evitados com simples paradas preventivas para lubrificação, troca de peças gastas e ajustes.

Com o auxílio dos relatórios escritos sobre os trabalhos realizados, são suprimidas as inconveniências das quebras inesperadas. Isso evita a difícil tarefa de trocas rápidas de máquinas e improvisações que causam o desespero do pessoal da manutenção corretiva.

A manutenção preventiva é um método aprovado e adotado atualmente em todos os setores industriais, pois abrange desde uma simples revisão – com paradas que não obedecem a uma rotina – até a utilização de sistemas de alto índice técnico.

A manutenção preventiva abrange cronogramas nos quais são traçados planos e revisões periódicas completas para todos os tipos de materiais utilizados nas oficinas. Ela inclui, também, levantamentos que visam facilitar sua própria introdução em futuras ampliações do corpo da fábrica.

A aplicação do sistema de manutenção preventiva não deve se restringir a setores, máquinas ou equipamentos. O sistema deve abranger todos os setores da indústria para garantir um perfeito entrosamento entre eles, de modo tal que, ao se constatar uma anomalia, as providências independam de qualquer outra regra que porventura venha a existir em uma oficina. Essa liberdade, dentro da indústria, é fundamental para o bom funcionamento do sistema preventivo.

O aparecimento de focos que ocasionam descontinuidade no programa deve ser encarado de maneira séria, organizando-se estudos que tomem por base os relatórios preenchidos por técnicos da manutenção. Estes deverão relatar, em linguagem simples e clara, todos os detalhes do problema em questão.

A manutenção preventiva nunca deverá ser confundida com o órgão de comando, apesar dela ditar algumas regras de conduta a serem seguidas pelo pessoal da fábrica. À manutenção preventiva cabe apenas o lugar de apoio ao sistema fabril.

O segredo para o sucesso da manutenção preventiva está na perfeita compreensão de seus conceitos por parte de todo o pessoal da fábrica, desde os operários à presidência.

A manutenção preventiva, por ter um alcance extenso e profundo, deve ser organizada. Se a organização da manutenção preventiva carecer da devida solidez, ela provocará desordens e confusões. Por outro lado, a capacidade e o espírito de cooperação dos técnicos são fatores importantes para a manutenção preventiva.

A manutenção preventiva deve, também, ser sistematizada para que o fluxo dos trabalhos se processe de modo correto e rápido. Sob esse aspecto, é necessário estabelecer qual deverá ser o sistema de informações empregado e os procedimentos adotados.

O desenvolvimento de um sistema de informações deve apresentar definições claras e objetivas e conter a delegação das responsabilidades de todos os elementos participantes. O fluxo das informações deverá fluir rapidamente entre todos os envolvidos na manutenção preventiva.

A manutenção preventiva exige, também, um plano para sua própria melhoria. Isto é conseguido por meio do planejamento, execução e verificação dos trabalhos que são indicadores para se buscar a melhoria dos métodos de manutenção, das técnicas de manutenção e da elevação dos níveis de controle . Esta é a dinâmica de uma instalação industrial.

Finalmente, para se efetivar a manutenção preventiva e alcançar os objetivos pretendidos com sua adoção, é necessário dispor de um período de tempo relativamente longo para contar com o concurso dos técnicos e dos dirigentes de alto gabarito. Isso vale a pena, pois a instalação do método de manutenção preventiva, pela maioria das grandes empresas industriais, é a prova concreta da pouca eficiência do método de manutenção corretiva.

Objetivos

Os principais objetivos das empresas são, normalmente, redução de custos, qualidade do produto, aumento de produção, preservação do meio ambiente, aumento da vida útil dos equipamentos e redução de acidentes do trabalho.

a) **Redução de custos** – Em sua grande maioria, as empresas buscam reduzir os custos incidentes nos produtos que fabricam. A manutenção preventiva pode colaborar atuando nas peças sobressalentes, nas paradas de emergência etc., aplicando o mínimo necessário, ou seja, sobressalente **X** compra direta; horas ociosas **X** horas planejadas; material novo **X** material recuperado.

b) **Qualidade do produto** – A concorrência no mercado nem sempre ganha com o menor custo. Muitas vezes ela ganha com um produto de melhor qualidade. Para atingir a meta qualidade do produto, a manutenção preventiva deverá ser aplicada com maior rigor, ou seja: máquinas deficientes **X** máquinas eficientes; abastecimento deficiente **X** abastecimento otimizado.

c) **Aumento de produção** – O aumento de produção de uma empresa se resume em atender à demanda crescente do mercado. É preciso manter a fidelidade dos clientes já cadastrados e conquistar outros, mantendo os prazos de entrega dos produtos em dia. A manutenção preventiva colabora para o alcance dessa meta atuando no binômio produção atrasada **X** produção em dia.

d) Efeitos no meio ambiente – Em determinadas empresas, o ponto mais crítico é a poluição causada pelo processo industrial. Se a meta da empresa for a diminuição ou eliminação da poluição, a manutenção preventiva, como primeiro passo, deverá estar voltada para os equipamentos antipoluição, ou seja, equipamentos sem acompanhamento **X** equipamentos revisados; poluição **X** ambiente normal.

e) Aumento da vida útil dos equipamentos – O aumento da vida útil dos equipamentos é um fator que, na maioria das vezes, não pode ser considerado de forma isolada. Esse fator, geralmente, é conseqüência de:

- redução de custos;
- qualidade do produto;
- aumento de produção;
- efeitos do meio ambiente.

A manutenção preventiva, atuando nesses itens, contribui para o aumento da vida útil dos equipamentos.

f) Redução de acidentes do trabalho – Não são raros os casos de empresas cujo maior problema é a grande quantidade de acidentes. Os acidentes no trabalho causam:

- aumento de custos;
- diminuição do fator qualidade;
- efeitos prejudiciais ao meio ambiente;
- diminuição de produção;
- diminuição da vida útil dos equipamentos.

A manutenção preventiva pode colaborar para a melhoria dos programas de segurança e prevenção de acidentes.

Desenvolvimento

Consideremos uma indústria ainda sem nenhuma manutenção preventiva, onde não haja controle de custos e nem registros ou dados históricos dos equipamentos. Se essa indústria desejar adotar a manutenção preventiva, deverá percorrer as seguintes fases iniciais de desenvolvimento:

a) Decidir qual o tipo de equipamento que deverá marcar a instalação da manutenção preventiva com base no "feeling" da supervisão de manuteção e de operação.

b) Efetuar o levantamento e posterior cadastramento de todos os equipamentos que serão escolhidos para iniciar a instalação da manutenção preventiva (plano piloto).

c) Redigir o histórico dos equipamentos, relacionando os custos de manutenção (mão-de-obra, materiais e, se possível, lucro cessante nas emergências), tempo de parada para os diversos tipos de manutenção, tempo de disponibilidade dos equipamentos para produzirem, causas das falhas etc.

d) Elaborar os manuais de procedimentos para manutenção preventiva, indicando as freqüências de inspeção com máquinas operando, com máquinas paradas e as intervenções.

e) Enumerar os recursos humanos e materiais que serão necessários à instalação da manutenção preventiva.

f) Apresentar o plano para aprovação da gerência e da diretoria.
g) Treinar e preparar a equipe de manutenção.

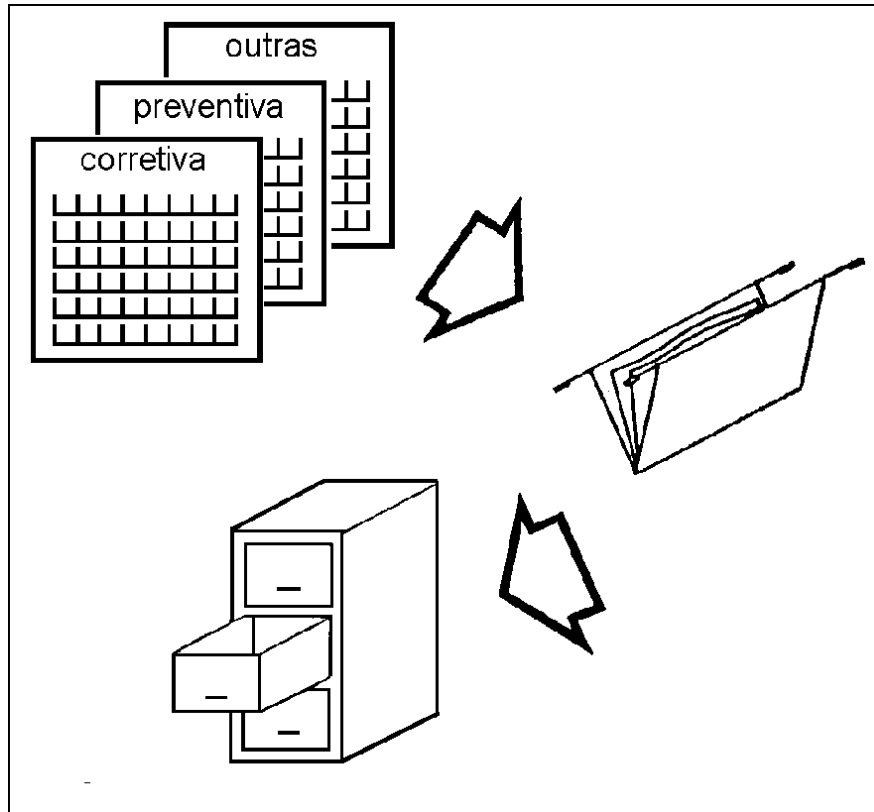
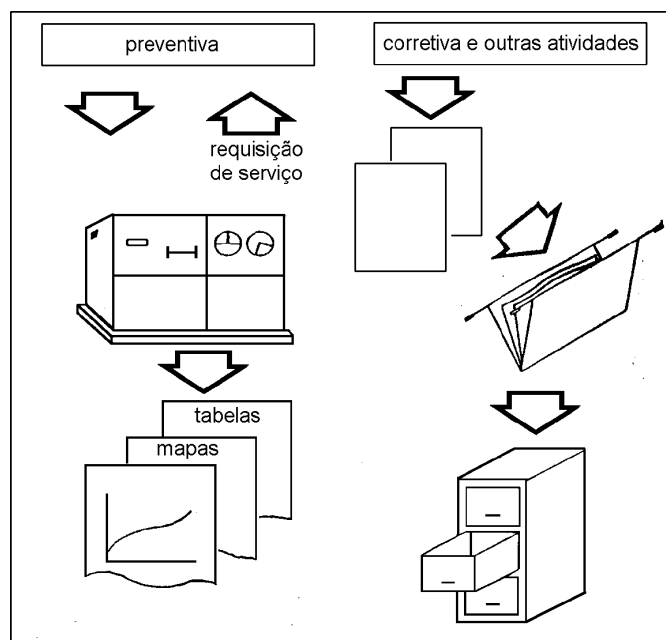
Execução da manutenção preventiva

a) **Ferramental e pessoal** – Se uma empresa contar com um modelo organizacional ótimo, com material sobressalente adequado e racionalizado, com bons recursos humanos, com bom ferramental e instrumental e não tiver quem saiba manuseá-los, essa empresa estará perdendo tempo no mercado. A escolha do ferramental e instrumental é importante, porém, mais importante é o treinamento da equipe que irá utilizá-los.

b) **Controle da manutenção** – Em manutenção preventiva é preciso manter o controle de todas as máquinas com o auxílio de fichas individuais. É por meio das fichas individuais que se faz o registro da inspeção mecânica da máquina e, com base nessas informações, a programação de sua manutenção.

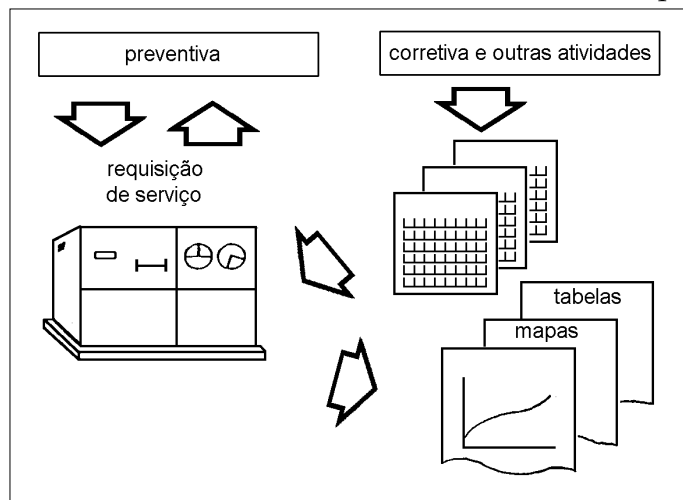
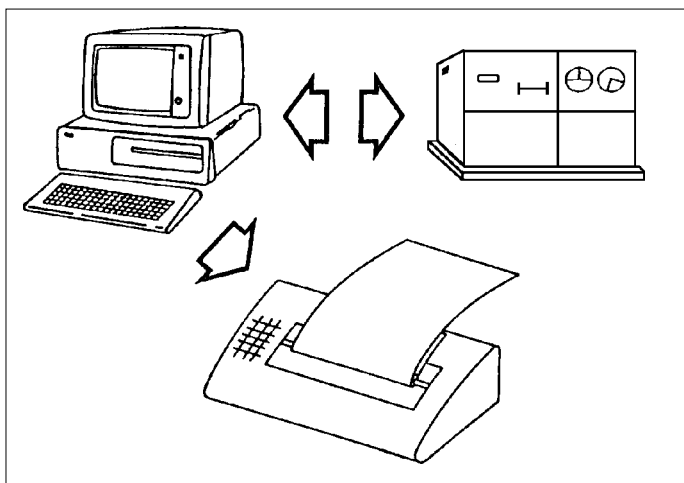
Quanto à forma de operação do controle, há quatro sistemas: manual, semi-automatizado, automatizado e por microcomputador.

Controle manual – É o sistema no qual a manutenção preventiva e corretiva são controladas e analisadas por meio de formulários e mapas, preenchidos manualmente e guardados em pastas de arquivo. Esquematicamente:

outras
preventiva
corretiva

Controle semi-automatizado – É o sistema no qual a intervenção preventiva é controlada com o auxílio do computador, e a intervenção corretiva obedece ao controle manual. Esquematicamente:

A fonte de dados desse sistema deve fornecer todas as informações necessárias para serem feitas as requisições de serviço, incluindo as rotinas de inspeção e execução. O principal relatório emitido pelo computador deve conter, no mínimo:

- o tempo previsto e gasto;
- os serviços realizados;
- os serviços reprogramados (adiados);
- os serviços cancelados.

Esses dados são fundamentais para a tomada de providências por parte da supervisão.

Controle automatizado – É o sistema em que todas as intervenções da manutenção têm seus dados armazenados pelo computador, para que se tenha listagens, gráficos e tabelas para análise e tomada de decisões, conforme a necessidade e conveniência dos vários setores da manutenção. Esquematicamente:

Controle por microcomputador – É o sistema no qual todos os dados sobre as intervenções da manutenção ficam armazenados no microcomputador. Esses dados são de rápido acesso através de monitor de vídeo ou impressora. Esquematicamente:

Exercícios

Assinale com X a alternativa.

Exercício 1

A respeito de manutenção preventiva, pode-se afirmar que:

a) ( ) É aquela feita por ocasião; obedece a um padrão previamente esquematizado, assegurando o defeito da máquina por um longo período.

b) ( ) Ela obedece a um padrão previamente esquematizado; estabelece paradas periódicas para troca de peças gastas, assegurando o funcionamento perfeito da máquina por um período predeterminado.

c) ( ) Ela proporciona um leve ritmo de trabalho; desequilíbrio do bom andamento desse ritmo, com controle das peças de reposição e organização dos prazos para reposição dessas peças.

d) ( ) Ela permite a mudança da peça com antecedência, evitando sobrecarga e permitindo paralisação de um trabalho, mesmo à custa de uma menor eficiência.

e) ( ) É aquela baseada em informações precisas de instrumentos específicos, os quais indicam, por meio de parâmetros, as ocasiões das paradas para substituição de peças.

Exercício 2

A aplicação da manutenção preventiva apresenta as seguintes vantagens:

a) ( ) Substituição de peças novas; menor número de funcionários envolvidos; número maior de máquinas funcionando.

b) ( ) Substituição de peças novas; maior número de funcionários envolvidos; menor número de máquinas funcionando.

c) ( ) Equilíbrio no ritmo de trabalho; controle das peças de reposição; eliminação ou diminuição de improvisações e redução de acidentes do trabalho.

d) ( ) Não evita a sobrecarga de determinadas peças; mudança de todas as peças que formam o conjunto e equilíbrio no ritmo de trabalho.

e) ( ) Elimina totalmente a necessidade de manutenção corretiva.

Exercício 3

São objetivos a serem alcançados pela instalação da manutenção preventiva:

a) ( ) Redução de custos; qualidade do produto; efeitos no meio ambiente e maior vida útil dos equipamentos.

b) ( ) Diminuição de pessoal; diminuição de produção; maior vida útil dos equipamentos; efeitos no meio ambiente e maior durabilidade dos insumos.

c) ( ) Redução de custos; qualidade do produto; diminuição de produção e menor vida útil dos equipamentos.

d) ( ) Conscientização da gerência em manutenção corretiva; eliminação de improvisações e efeitos no meio ambiente.

e) ( ) Diminuição de máquinas paradas em manutenção; aumento de pessoal especializado e eliminação de peças sobressalentes.

Exercício 4

A manutenção preventiva deverá ser registrada e controlada. Com base nessa afirmação, indique qual documento deverá ser usado para fins de registro.

a) ( ) Planilha de controle.

b) ( ) Inventário individual.

c) ( ) Catálogo individual.

d) ( ) Cartão de registro.

e) ( ) Ficha individual de registro.

AULA

6

Manutenção preditiva

Uma empresa vinha desenvolvendo de modo satisfatório um programa de manutenção, porém, o relatório final de produção indicava a possibilidade de aperfeiçoamentos no processo. Estudos posteriores revelaram que, para aperfeiçoar o processo com ganhos de produção, era preciso, entre outros procedimentos, incluir a **manutenção preditiva** no programa de manutenção.

Após muitas reuniões entre dirigentes, gerentes, encarregados, supervisores e operários, chegou-se ao consenso de que a empresa, para instalar um programa de manutenção preditiva, precisaria, antes de qualquer coisa, capacitar uma equipe em manutenção preditiva e orientar todo o pessoal por meio de treinamentos específicos.

O tema desta aula é a manutenção preditiva e a importância de sua aplicação.

Conceito de manutenção preditiva

Manutenção preditiva é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se da manutenção que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado.

Na Europa, a manutenção preditiva é conhecida pelo nome de manutenção condicional e nos Estados Unidos recebe o nome de preditiva ou previsional.

Objetivos da manutenção preditiva

Os objetivos da manutenção preditiva são:

- determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento;
- eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção;
- aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;
- reduzir o trabalho de emergência não planejado;
- impedir o aumento dos danos;
- aproveitar a vida útil total dos componentes e de um equipamento;

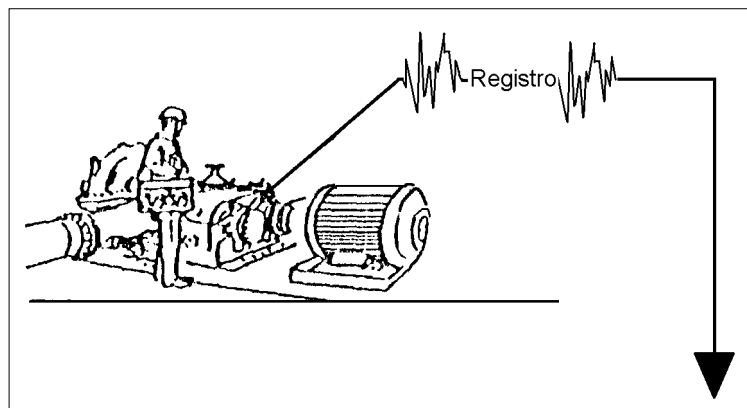
- aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção;
- determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção.

Por meio desses objetivos, pode-se deduzir que eles estão direcionados a uma finalidade maior e importante: redução de custos de manutenção e aumento da produtividade.

Execução da manutenção preditiva

Para ser executada, a manutenção preditiva exige a utilização de aparelhos adequados, capazes de registrar vários fenômenos, tais como:

- vibrações das máquinas;
- pressão;
- temperatura;
- desempenho;
- aceleração.

Com base no conhecimento e análise dos fenômenos, torna-se possível indicar, com antecedência, eventuais defeitos ou falhas nas máquinas e equipamentos.

A manutenção preditiva, após a análise do fenômenos, adota dois procedimentos para atacar os problemas detectados: estabelece um diagnóstico e efetua uma análise de tendências.

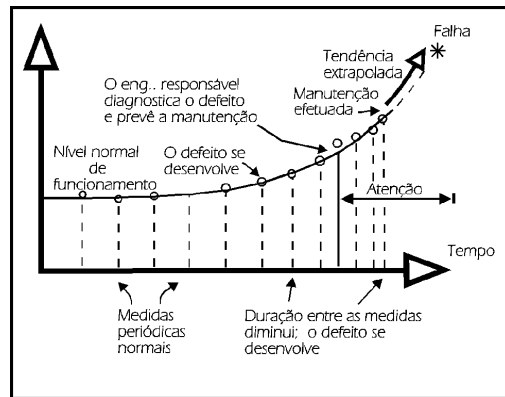
Diagnóstico

Detectada a irregularidade, o responsável terá o encargo de estabelecer, na medida do possível, um diagnóstico referente à origem e à gravidade do defeito constatado . Este diagnóstico deve ser feito antes de se programar o reparo.

Análise da tendência da falha

A análise consiste em prever com antecedência a avaria ou a quebra, por meio de aparelhos que exercem vigilância constante predizendo a necessidade do reparo.

Graficamente temos:

Falha
Tendência extrapolada
O eng., responsável diagnostica o defeito e prevê a manutenção
Manutenção efetuada
Nível normal de funcionamento
O defeito se desenvolve
Atenção
Tempo
Medidas periódicas normais
Duração entre as medidas diminui; o defeito se desenvolve

O esquema a seguir resume o que foi discutido até o momento.

Manutenção Preditiva

Condições de intervenção → Intervenção condicionada pelos dados de um parâmetro significativo.

Dados para o diagnóstico → Os recursos utilizados permitem fazer análise da evolução dos parâmetros de funcionamento.

Aplicações → Otimiza os custos dos materiais substituídos um pouco antes da ruptura.

Aumenta a produtividade com paradas programadas.

A manutenção preditiva, geralmente, adota vários métodos de investigação para poder intervir nas máquinas e equipamentos. Entre os vários métodos destacam-se os seguintes: estudo das vibrações; análise dos óleos; análise do estado das superfícies e análises estruturais de peças.

Estudo das vibrações

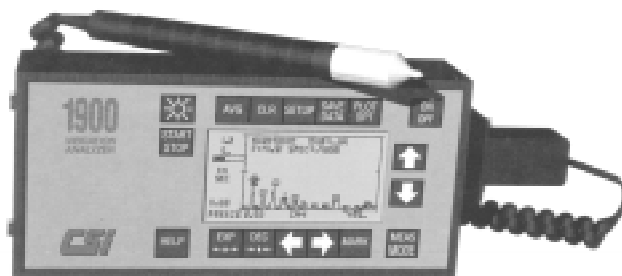
Todas as máquinas em funcionamento produzem vibrações que, aos poucos, levam-nas a um processo de deteriorização. Essa deteriorização é caracterizada por uma modificação da distribuição de energia vibratória pelo conjunto dos elementos que constituem a máquina. Observando a evolução do nível de vibrações, é possível obter informações sobre o estado da máquina.

O princípio de análise das vibrações baseia-se na idéia de que as estruturas das máquinas excitadas pelos esforços dinâmicos (ação de forças) dão sinais vibratórios, cuja freqüência é igual à freqüência dos agentes excitadores.

Se captadores de vibrações forem colocados em pontos definidos da máquina, eles captarão as vibrações recebidas por toda a estrutura. O registro das vibrações e sua análise permitem identificar a origem dos esforços presentes em uma máquina operando.

Por meio da medição e análise das vibrações de uma máquina em serviço normal de produção detecta-se, com antecipação, a presença de falhas que devem ser corrigidas:
- rolamentos deteriorados;
- engrenagens defeituosas;
- acomplamentos desalinhados;
- rotores desbalanceados;
- vínculos desajustados;
- eixos deformados;
- lubrificação deficiente;
- folga excessiva em buchas;
- falta de rigidez;
- problemas aerodinâmicos;
- problemas hidráulicos;
- cavitação.

O aparelho empregado para a análise de vibrações é conhecido como **analisador de vibrações.** No mercado há vários modelos de analisadores de vibrações, dos mais simples aos mais complexos; dos portáteis – que podem ser transportados manualmente de um lado para outro – até aqueles que são instalados definitivamente nas máquinas com a missão de executar monitoração constante.

Abaixo, um operador usando um analisador de vibrações portátil e, em destaque, o aparelho.

Análise dos óleos

Os objetivos da análise dos óleos são dois: economizar lubrificantes e sanar os defeitos.

Os modernos equipamentos permitem análises exatas e rápidas dos óleos utilizados em máquinas. É por meio das análises que o serviço de manutenção pode determinar o momento adequado para sua troca ou renovação, tanto em componentes mecânicos quanto hidráulicos.

A economia é obtida regulando-se o grau de degradação ou de contaminação dos óleos. Essa regulagem permite a otimização dos intervalos das trocas.

A análise dos óleos permite, também, identificar os primeiros sintomas de desgaste de um componente. A identificação é feita a partir do estudo das partículas sólidas que ficam misturadas com os óleos. Tais partículas sólidas são geradas pelo atrito dinâmico entre peças em contato.

A análise dos óleos é feita por meio de técnicas laboratoriais que envolvem vidrarias, reagentes, instrumentos e equipamentos. Entre os instrumentos e equipamentos utilizados temos viscosímetros, centrífugas, fotômetros de chama, peagômetros, espectrômetros, microscópios etc. O laboratorista, usando técnicas adequadas, determina as propriedades dos óleos e o grau de contaminantes neles presentes.

As principais propriedades dos óleos que interessam em uma análise são:
- índice de viscosidade;
- índice de acidez;
- índice de alcalinidade;
- ponto de fulgor;
- ponto de congelamento.

Em termos de contaminação dos óleos, interessa saber quanto existe de:
- resíduos de carbono;
- partículas metálicas;
- água.

Assim como no estudo das vibrações, a análise dos óleos é muito importante na manutenção preditiva. É a análise que vai dizer se o óleo de uma máquina ou equipamento precisa ou não ser substituído e quando isso deverá ser feito.

Análise do estado das superfícies

A análise das superfícies das peças, sujeitas aos desgastes provocados pelo atrito, também é importante para se controlar o grau de deteriorização das máquinas e equipamentos.

A análise superficial abrange, além do simples exame visual – com ou sem lupa – várias técnicas analíticas, tais como:
- endoscopia;
- holografia;
- estroboscopia;
- molde e impressão.

Análise estrutural

A análise estrutural de peças que compõem as máquinas e equipamentos também é importante para a manutenção preditiva. É por meio da análise estrutural que se detecta, por exemplo, a existência de fissuras, trincas e bolhas nas peças das máquinas e equipamentos. Em uniões soldadas, a análise estrutural é de extrema importância.

As técnicas utilizadas na análise estrutural são:
- interferometria holográfica;
- ultra-sonografia;
- radiografia (raios X);
- gamagrafia (raios gama);
- ecografia;

- magnetoscopia;
- correntes de Foucault;
- infiltração com líquidos penetrantes.

Periocidade dos controles

A coleta de dados é efetuada periodicamente por um técnico que utiliza sistemas portáteis de monitoramento. As informações recolhidas são registradas numa ficha, possibilitando ao responsável pela manutenção preditiva tê-las em mãos para as providências cabíveis.

A periocidade dos controles é determinada de acordo com os seguintes fatores:
- número de máquinas a serem controladas;
- número de pontos de medição estabelecidos;
- duração da utilização da instalação;
- caráter "estratégico" das máquinas instaladas;
- meios materiais colocados à disposição para a execução dos serviços.

A tabela a seguir mostra um exemplo de um programa básico de vigilância de acordo com a experiência e histórico de uma determinada máquina.

PROGRAMA BÁSICO DE VIGILÂNCIA			
MÉTODOS UTILIZADOS	EQUIPAMENTOS VIGIADOS	EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS	PERIODICIDADE DA VERIFICAÇÃO
Medição de vibração	Todas as máquinas giratórias de potência média ou máxima e/ ou equipamentos críticos: • motores; • redutores; • compressores; • bombas; • ventiladores.	Medidor de vibração Analisador Sistema de vigilância permanente	3.000 a 1.500 horas
Medição das falhas de rolamentos	Todos os rolamentos	Medidor especial ou analisador	500 horas
Análise estroboscópica	Todos os lugares onde se quiser estudar um movimento, controlar a velocidade ou medir os planos	Estroboscópio do analisador de vibrações	Segundo a necessidade
Análise dos óleos	• Redutores e circuitos hidráulicos • Motores	Feita pelo fabricante	6 meses
Termografia	• Equipamentos de alta-tensão • Distribuição de baixa-tensão • Componentes eletrônicos • Equipamentos com componentes refratários	Subcontratação ("terceirização")	12 meses
Exame endoscópico	• Cilindros de compressores • Aletas • Engrenagens danificadas	Endoscopia + fotos	Todos os meses

As vantagens da manutenção preditiva são:

- aumento da vida útil do equipamento;
- controle dos materiais (peças, componentes, partes etc.) e melhor gerenciamento;
- diminuição dos custos nos reparos;
- melhoria da produtividade da empresa;
- diminuição dos estoques de produção;
- limitação da quantidade de peças de reposição;
- melhoria da segurança;
- credibilidade do serviço oferecido;
- motivação do pessoal de manutenção;
- boa imagem do serviço após a venda, assegurando o renome do fornecedor.

Limites técnicos da manutenção preditiva

A eficácia da manutenção preditiva está subordinada à eficácia e à confiabilidade dos parâmetros de medida que a caracterizam.

Exercícios

Marque com X a alternativa correta.

Exercício 1

O tipo de manutenção que avalia a tendência evolutiva de um defeito é denominado manutenção:

a) ( ) corretiva;
b) ( ) condicional;
c) ( ) preditiva;
d) ( ) preventiva;
e) ( ) ocasional.

Exercício 2

Entre as ferramentas utilizadas na manutenção preditiva, as mais comuns são:

a) ( ) o estudo das vibrações e análise dos óleos;
b) ( ) exame visual e ultra-som;
c) ( ) ecografia e estroboscopia;
d) ( ) análise dos óleos e raio X;
e) ( ) ecografia e estudo das vibrações.

Exercício 3

A análise das vibrações se baseia no seguinte aspecto:

a) ( ) ruído que a máquina apresenta;
b) ( ) sinais vibratórios das máquinas em serviço;
c) ( ) rotação do eixo-árvore da máquina;
d) ( ) óleo muito viscoso;
e) ( ) rotação muito alta.

Exercício 4

A análise dos óleos tem o objetivo de:

a) ( ) descobrir a causa do defeito;
b) ( ) eliminar o defeito das máquinas;
c) ( ) economizar o lubrificante e sanar o defeito;
d) ( ) descobrir a viscosidade do lubrificante;
e) ( ) diminuir as partículas metálicas no óleo.

AULA

7

Soldagem de manutenção I

Suponhamos que o eixo excêntrico de uma prensa se quebre. O que fazer para resolver o problema sem precisar produzir ou importar outro, considerando que dias parados são contabilizados como prejuízo?

Situações como essa são comuns nas empresas e a melhor solução é a soldagem de manutenção.

A soldagem de manutenção é o tema desta e da próxima aula.

Importância

A soldagem de manutenção é um meio ainda muito utilizado para prolongar a vida útil das peças de máquinas e equipamentos. Ela promove economia para as indústrias, pois reduz as paradas de máquinas e diminui a necessidade de se manter grandes estoques de reposição.

No caso do Brasil, por ser um país em desenvolvimento industrial, é comum a presença de empresas que possuem – em suas áreas produtivas – equipamentos e máquinas de diversas origens e fabricantes, com anos de fabricação diferentes. A situação se agrava quando alguns equipamentos e máquinas são retirados de linha ou deixam de ser fabricados.

Diante dessa realidade, é praticamente impossível manter em estoque peças de reposição para todos os equipamentos e máquinas. Além disso, no caso de grandes componentes, as empresas normalmente não fazem estoques de sobressalentes, e quando um grande componente se danifica, os problemas se agravam. Fabricar um grande componente ou importá-lo demanda tempo, e equipamento ou máquina parada por um longo tempo significa prejuízo.

Situações problemáticas como essas são resolvidas pela soldagem de manutenção, que tem como objetivo principal agir com rapidez e eficiência para que equipamentos e máquinas danificadas voltem a funcionar para garantir a produção.

Diferença entre soldagem de manutenção e soldagem de produção

A soldagem de produção é realizada dentro de condições favoráveis, isto é, as especificações são determinadas, os equipamentos apropriados encontram-se disponíveis, a composição química do metal de base é conhecida, bem como os parâmetros em que se deve trabalhar.

É na soldagem de produção que são preparados corpos-de-prova soldados com parâmetros adequados. A seguir esses corpos-de-prova são submetidos a testes destrutivos para confirmar as características mecânicas das juntas soldadas.

Ao contrário da soldagem de produção, na soldagem de manutenção existem restrições e limitações que são agravadas pela rapidez com que deve ser efetuada a recuperação do componente.

Etapas

As etapas percorridas na soldagem de manutenção são:

Análise da falha

a) Analisar o local da falha.

b) Determinar a causa da falha:
- fratura;
- desgaste;
- corrosão.

c) Determinação do funcionamento:
- solicitações (rpm);
- meios envolvidos;
- temperatura de trabalho.

d) Reconhecimento dos materiais envolvidos:
- análise química;
- dureza.

e) Determinação do estado do material:
- encruado;
- recozido;
- temperado e revenido;
- cementado.

Planejamento da execução

Após a escolha do método/processo de soldagem e do metal de adição, é necessário verificar se estão envolvidos na recuperação os seguintes fatores:
- pré-usinagem;
- deformação;
- seqüência de soldagem;
- pré e pós-aquecimento;
- tratamento térmico pós-soldagem;
- desempeno;
- pós-usinagem.

Com esses cuidados, o que se deseja é eliminar as causas e não só os efeitos.

Procedimentos

De um modo geral os procedimentos para a execução de uma soldagem de manutenção devem conter, no mínimo, os seguintes passos:

a) Fratura/Trinca

- Localizar a fratura/trinca definindo seu início e fim. Para isso deve-se utilizar o ensaio com líquido penetrante.
- Identificar o material preferencialmente por meio de uma análise química e determinar sua dureza.
- Preparar adequadamente a região a ser soldada de modo que se permita o acesso do eletrodo, tocha ou maçarico, dependendo do processo de soldagem selecionado.
- Limpar a região a ser soldada para retirar o óleo, graxa ou impurezas que possam prejudicar a soldagem da peça/componente a ser recuperado.
- Executar ensaio com líquido penetrante para assegurar que toda a fratura/trinca tenha sido eliminada.
- Especificar o processo de soldagem e o metal de adição, de modo que a peça/componente recuperado mantenha suas características mecânicas, para que seja capaz de suportar as máximas solicitações durante o desempenho do trabalho, considerando ainda os meios envolvidos e a temperatura de trabalho.
- Especificar os parâmetros de soldagem, incluindo, quando necessário, a temperatura de pré e pós-aquecimento e o tratamento térmico pós-soldagem.
- Especificar uma adequada seqüência de soldagem para se obter o mínimo de tensões internas e deformações da peça/componente que está sendo recuperada.
- Especificar o tipo de ensaio a ser realizado para verificar a qualidade da solda realizada.
- Prever, quando necessário, um sobremetal durante a soldagem para que seja possível obter o acabamento final da peça/componente por meio de esmerilhamento ou usinagem, quando for o caso.

b) Desgaste/Corrosão

- Localizar a região desgastada ou corroída, definindo os limites da região a ser recuperada.
- Identificar adequadamente a superfície a ser revestida através da superfície desgastada ou corroída por meio de esmerilhamento ou usinagem.
- Limpar a região a ser soldada para retirar o óleo, graxa ou impurezas que possam, de algum modo, prejudicar a soldagem da peça/componente a ser recuperada.
- Executar ensaio com líquido penetrante para verificar se na região desgastada não existem descontinuidades que possam comprometer a soldagem.
- Especificar o processo de soldagem e o metal de adição para que a peça/componente, após recuperação, seja capaz de suportar as solicitações máximas exigidas durante o trabalho. No caso de corrosão, o metal de adição deverá ser adequado para resistir ao meio agressivo.
- Especificar os parâmetros de soldagem, incluindo, quando necessário, a temperatura de pré e pós-aquecimento e o tratamento de alívio de tensões pós-soldagem.

- Especificar uma adequada seqüência de soldagem de modo que haja um mínimo de tensões internas e deformações da peça/componente que está sendo recuperada.
- Especificar o tipo de ensaio a ser realizado para verificar a qualidade da solda aplicada.
- Prever, quando necessário, um sobremetal durante a soldagem para que seja possível obter o acabamento final da peça/componente recuperada por meio de esmerilhamento ou usinagem, quando for o caso.

Tipos e causas prováveis das falhas

Falhas por fratura – As falhas por fratura normalmente resultam de uma trinca que se propaga. A trinca surge por dois motivos: altas solicitações e fadiga do material.

Quando a peça/componente sofre solicitações acima das suportáveis, a trinca aparece em determinadas regiões. A fadiga aparece por causa das tensões cíclicas que terminam por exceder as toleradas pelo material que constitui a peça/componente. Nesse caso, as trincas se iniciam – mesmo com tensões abaixo das tensões limites – e se propagam. Com a propagação da trinca, as seções restantes e ainda resistentes rompem-se pelo simples fato das tensões existentes serem maiores que as suportadas pelo material.

Falhas por desgaste – Há uma grande variedade de fatores que podem provocar o desgaste de peças/componentes de uma máquina ou equipamento. Nesse caso, para recuperação adequada com a finalidade de assegurar eficiência e segurança, os metais de solda, a serem depositados, devem ser selecionados cuidadosamente.

Para melhor compreensão dos tipos de desgastes, podemos dividi-los em classes distintas com características bem definidas. Vejamos:

a) Desgastes mecânicos

- **Abrasão**

A abrasão é um desgaste que ocorre entre superfícies que deslizam ou giram em contato entre si em movimento relativo. A abrasão provoca o desprendimento de partículas das superfícies e elas adquirem irregularidades microscópicas, mesmo que aparentemente polidas. Por exemplo: sempre há abrasão quando um eixo gira em contato com um mancal.

As irregularidades microscópicas das superfícies comportam-se como picos e vales que tendem a se encaixar. Quando as superfícies são solicitadas a entrar em movimento relativo entre si, a força de atrito gera calor e este gera microfusões entre os picos que estão em contato. As áreas microfundidas movimentam-se e as superfícies se desgastam.

A recuperação de superfícies desgastadas por abrasão é feita depositando-se, por solda, um material mais duro e mais resistente ao desgaste. Aconselha-se não aplicar mais de duas ou três camadas de solda, para evitar a fissuração e desagregação do próprio metal de solda que apresenta baixa ductilidade.

Se a soldagem exigir camadas mais espessas, o revestimento deverá ser feito com um metal tenaz e pouco duro que se comportará como amortecedor.

• **Impacto**

Materiais sujeitos a impacto sofrem deformações localizadas e mesmo fraturas. Por impacto e em condições de alta pressão, partículas metálicas dos materiais são arrancadas e, como conseqüência, o desgaste aparece.

Se um dado componente ou peça - a ser recuperado por solda - trabalha somente sob condições de impacto simples, o material a ser depositado deve ser tenaz para poder absorver a deformação sem se romper.

Normalmente, áreas de peças ou componentes que recebem impactos também sofrem abrasões. É o que ocorre, por exemplo, em moinhos e britadores que necessitam de superfícies duras e resistentes ao desgaste.

b) Erosão

É a destruição de materiais por fatores mecânicos que podem atuar por meio de partículas sólidas que acompanham o fluxo de gases, vapores ou líquidos, ou podem atuar por meio de partículas líquidas que acompanham o fluxo de gases ou de vapores.

Geralmente, para suportar o desgaste por erosão, o material de solda deve ter dureza, microestrutura e condições de superfície adequadas.

c) Cavitação

O fenômeno da cavitação é causado por fluidos acelerados que se movimentam em contato com superfícies sujeitas a rotações, tais como hélices, rotores, turbinas etc.

Os fluidos acelerados formam depressões que, ao se desfazerem, provocam golpes, como se fossem aríetes, nas superfícies das peças sujeitas ao movimento rotacional. Esses golpes produzem cavidades superficiais que vão desgastando as peças.

A correção de superfícies cavitadas é feita por meio de revestimentos com ligas contendo 13% de cromo (Cr).

Corrosão – O desgaste de materiais metálicos também pode ser provocado pela corrosão que é favorecida por vários fatores: umidade, acidez, alcalinidade, temperatura, afinidade química entre metais etc.

Normalmente a maioria dos metais e ligas metálicas, em contato com o oxigênio do ar, adquire uma camada protetora de óxido que a protege. Se essa camada de óxido perder a impermeabilidade, a oxidação prossegue caracterizando a corrosão.

A corrosão é sanada por meio de revestimentos com materiais de solda adequados, de forma tal que venham a resisitir ao meio agressivo com os quais estarão em contato.

Influência dos elementos de liga

Os eletrodos e varetas utilizados como material de adição nos processos de soldagem apresentam vários elementos de liga que lhes conferem características particulares.

Os principais elementos de liga, com suas principais propriedades, são:

ELEMENTOS DE LIGA	PROPRIEDADES
Carbono (C)	Aumenta a resistência e o endurecimento; reduz o alongamento, a forjabilidade, a soldabilidade e a usinabilidade; forma carbonetos com cromo (Cr), molibdênio (Mo) e vanádio (V).
Cobalto (Co)	Aumenta a resistência à tração; aumenta a dureza (têmpera total); resiste ao revenimento, ao calor e à corrosão.
Cromo (Cr)	Aumenta a resistência à tração, ao calor, à escamação, à oxidação e ao desgaste por abrasão. É um forte formador de carbonetos.
Manganês (Mn)	Aços austeníticos contendo manganês e 12% a 14% de cromo são altamente resistentes à abrasão.
Molibdênio (Mo)	Aumenta a resistência ao calor e forma, também, carbonetos.
Níquel (Ni)	Aumenta o limite de escoamento; aumenta a tenacidade; resiste aos meios redutores.
Tungstênio (W)	Aumenta a resistência à tração; aumenta a dureza; resiste ao calor; mantém cortante os gumes das ferramentas e peças e forma carbonetos.
Vanádio (V)	Aumenta a resistência ao calor; mantém os gumes cortantes e também forma carbonetos.

Exercícios

Exercício 1

Responda.

a) Qual o objetivo da solda de manutenção?

b) Em termos comparativos, qual a diferença entre solda de produção e solda de manutenção?

c) O que deve ser verificado, ao analisar uma falha, em um elemento mecânico que será recuperado por solda?

d) Realizando a análise, pode-se determinar três tipos de causas de danos. Quais são?

e) Quais as causas mecânicas que podem dar início à propagação de uma trinca?

Soldagem de manutenção II

A recuperação de falhas por soldagem inclui o conhecimento dos materiais a serem recuperados e o conhecimento dos materiais e equipamentos de soldagem, bem como o domínio das técnicas de soldagem.

O objetivo desta aula é mostrar exemplos do dia-a-dia envolvendo a recuperação de peças por meio da soldagem de manutenção.

Elemento mecânico de ferro fundido com trinca

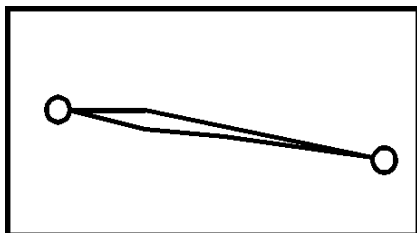
Localização da fratura/trinca

A localização da fratura/trinca deve ser feita de modo preciso para identificar claramente onde ela começa e onde termina.

Essa identificação pode ser realizada pelo método de ensaio por líquido penetrante. Primeiramente pulveriza-se um líquido de limpeza na peça. Depois, aplica-se o líquido penetrante na região da trinca e aguarda-se alguns minutos para que o líquido penetre no material. A seguir, limpa-se a região da trinca e pulveriza-se um líquido revelador que tornará a trinca e seus limites bem visíveis.

Furação das extremidades da trinca

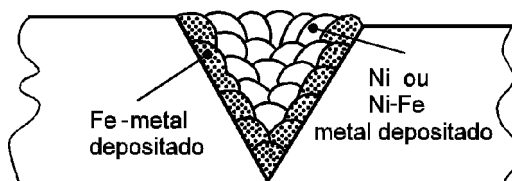
As tensões atuantes nas extremidades pontiagudas da trinca devem ser aliviadas. O alívio dessas tensões é obtido por meio de dois furos feitos com uma broca de diâmetro entre 7 mm e 10 mm. Esses furos impedem que a trinca se propague.

Esquematicamente:

Goivagem ou chanfragem do local da soldagem

Inicialmente deve-se pensar na realização da goivagem - com eletrodo de corte - com formato arredondado para favorecer a distribuição das tensões. Além disso, a preparação com eletrodo de corte proporciona uma solda sem poros, isenta de escórias, areia, óleo ou gordura. Essas impurezas sofrem combustão durante a goivagem e se gaseificam.

No caso da preparação por esmerilhamento, devem ser tomadas precauções, principalmente se o disco contiver aglomerantes plásticos. De fato, resíduos de material plástico aderem ao ferro fundido na área de soldagem. A queima desses resíduos, por meio do arco elétrico do aparelho de soldagem, provoca o surgimento de poros na solda. Portanto, se a preparação exigir esmerilhamento, deve-se escovar e limpar a superfície esmerilhada com bastante cuidado.

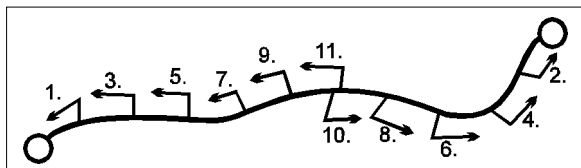
Quando a ligação da solda no ferro fundido apresentar dificuldades de estabilização em coesão e aderência, recomenda-se o uso da técnica de revestimento do chanfro (amanteigamento), conforme mostra a figura a seguir:

Fe -metal
depositado
Ni ou
Ni-Fe
metal depositado

Para o ferro fundido há duas possibilidades de revestimentos de chanfro (amanteigamento):

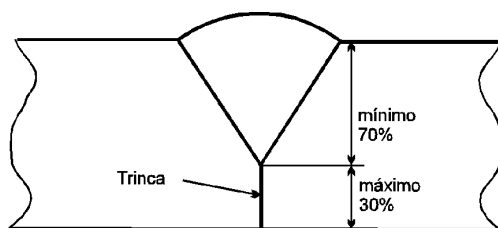
a) Com eletrodos especiais à base de ferro - Nesse caso a camada de solda absorve o carbono do ferro fundido e endurece. Por essa razão, a própria junta não deve ser soldada com eletrodos especiais à base de ferro. Para completar a solda do reparo, utiliza-se um metal de adição à base de níquel ou de níquel-ferro.

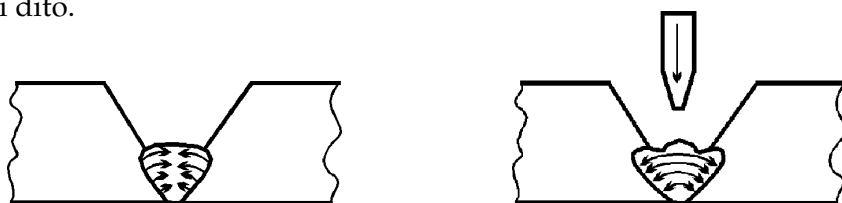
b) Revestimento do chanfro com metal de adição à base de bronze-alumínio - Esse metal de adição adere muito bem ao ferro fundido e apresenta uma ótima afinidade com o metal de adição à base de níquel, que é utilizado posteriormente como complemento do reparo.

Conforme esquematização abaixo, soldamos alternadamente e por etapas com cordões retos e curtos com comprimento máximo de 30 mm. A máquina de soldagem deve operar com baixa amperagem. O eletrodo deve ser de pequeno diâmetro e a velocidade de soldagem tem de ser alta para evitar o excesso de calor localizado.

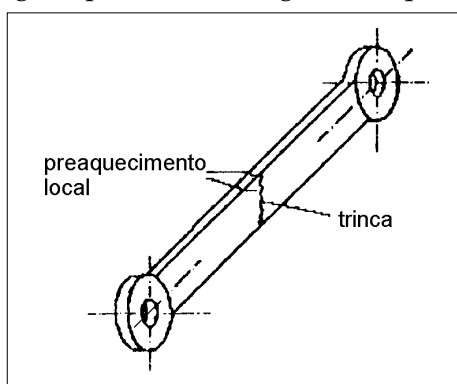
1. 3. 5. 7. 9. 11. 2. 4. 6. 8. 10.

A solda alternada com cordões curtos tem a finalidade de manter um baixo aporte de calor na peça e diminuir ao máximo as tensões de soldagem e conseqüentemente a deformação.

Quando a finalidade da solda no ferro fundido é manter apenas a estanqueidade, não há necesssidade de abranger toda a seção, mas sim uma espessura de solda de no mínimo 70% da espessura que será reparada. Esquematicamente:

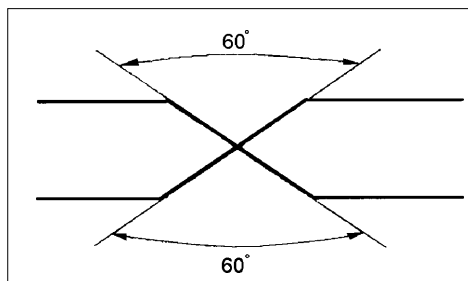
Trinca
mínimo 70%
máximo 30%

Martelamento da solda

As tensões de contração do cordão de solda são aliviadas por meio de martelamento. Nesse caso, o cordão sofre um escoamento fazendo com que a peça não apresente deformações indesejáveis. As figuras exemplificam o que foi dito.

Soldagem a frio de uma alavanca de ferro fundido quebrada sem restrição de contração

A figura a seguir mostra uma alavanca com uma trinca. A alavanca pode ser recuperada, por soldagem, por meio da seguinte seqüência de operações:

preaquecimento local
trinca

Preparação do local da soldagem

A casca de fundição, se existente, deve ser removida do local da trinca mecanicamente. Se a espessura da peça for menor que 10 mm, recomenda-se fazer um chanfro em "V". Caso a espessura de parede seja maior que 10 mm, aconselha-se fazer um chanfro em "X". No exemplo da trinca da alavanca em questão, usaremos um chanfro em "X" com ângulo máximo de 60°, conforme mostra o esquema:

60°
60°

Preaquecimento

Um preaquecimento de aproximadamente 200°C é recomendado com a finalidade de diminuir as tensões residuais que surgirão, por ocasião da soldagem, na região da trinca.

Soldagem

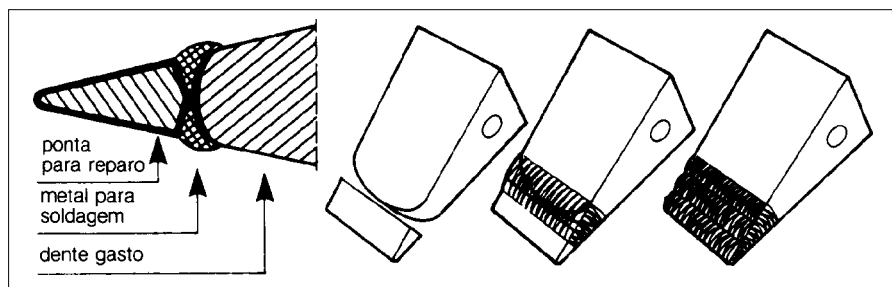
Recomenda-se soldar com baixa intensidade de calor, utilizando um eletrodo de níquel ou um eletrodo de níquel-ferro.

O chanfro deve ser preenchido com cordões curtos e com repetidas viradas para a soldagem no lado oposto. Um martelamento ocasional no cordão de solda, ainda quente, também é recomendável para diminuir as tensões.

Se surgirem dificuldades de ligação da solda no ferro fundido, deve ser realizado o revestimento dos chanfros (amanteigamento).

Reconstrução de ponta de dentes de escavadeira

Os dentes de escavadeiras são componentes que trabalham em condições normalmente severas que envolvem impacto e abrasão. O desgaste e a recuperação dos dentes podem ser visualizados abaixo.

ponta para reparo
metal para soldagem
dente gasto

Para reconstruir a ponta dos dentes de uma escavadeira, deve-se proceder do seguinte modo:

a) Preparar as superfícies a serem soldadas eliminando todos os resíduos que possam prejudicar a soldagem.

b) Pontas sobressalentes devem ser soldadas nas pontas já desgastadas com eletrodos que garantam a máxima tenacidade. Um eletrodo recomendado é o tipo **AWS E307 - 15**.

c) Manter a temperatura das pontas abaixo de 200°C durante a soldagem, para evitar a perda de dureza.

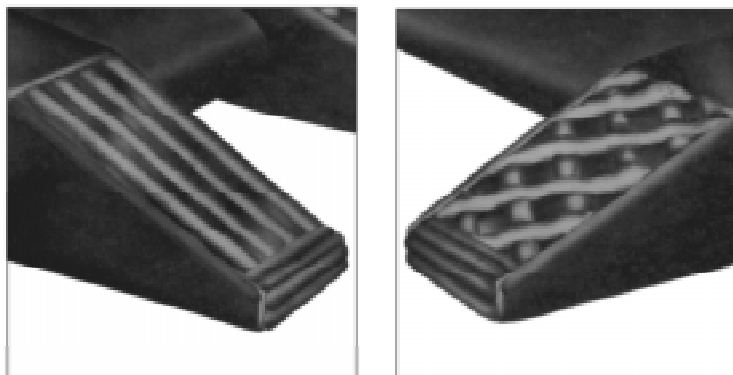
d) Após a soldagem dos dentes, aplicar líquido penetrante para se certificar de que não apareceu nenhuma trinca superficial.

e) Para dentes que trabalham primariamente em solos com granulação fina, o revestimento dos dentes deve ser efetuado com metal duro, isto é, com eletrodo do tipo **AWS E 10 - 60z**. Esse eletrodo proporciona um metal de solda muito duro, rico em carbonetos de cromo, resistentes à abrasão. Trincas superficiais poderão surgir, mas sem influência na resistência ao desgaste.

Para dentes que trabalham com materiais rochosos, o eletrodo a ser utilizado é o tipo **AWS E 6 - 55 r**, que proporciona um metal de solda, ligado ao cromo, bastante tenaz e resistente ao desgaste e com dureza compreendida entre 60 e 65 HRC.

Observações:
Os eletrodos especificados como AWS E 307 - 15, AWS E 10 - 60z e AWS E 6 - 55r representam eletrodos classificados pela norma da American Welding Society (Associação Americana de Soldagem).
Os valores entre 60 e 65 HRC significam que a dureza do material varia de 60 a 65 na escala de dureza Rockwell C.

Com a finalidade de manter os dentes afiados, recomenda-se revestir somente a face superior ou o fundo do dente e nunca ambos os lados.

O modelo de revestimento é escolhido de acordo com as figuras a seguir, dependendo das condições de trabalho.

Exercícios

Marque com um X a alternativa correta.

Exercício 1
A seqüência do trabalho de localização de uma trinca é:
a) ( ) limpeza, aplicação do líquido penetrante e revelação;
b) ( ) revelação, limpeza e aplicação do líquido penetrante;
c) ( ) aplicação do líquido penetrante, revelação e limpeza;
d) ( ) revelação, aplicação do líquido penetrante e limpeza;
e) ( ) limpeza, revelação e aplicação do líquido penetrante.

Exercício 2
A finalidade da confecção de furos nas extremidades das trincas é:
a) ( ) evitar a sobrecarga;
b) ( ) evitar o superaquecimento;
c) ( ) elaborar uma boa soldagem;
d) ( ) aliviar as tensões nas extremidades das trincas;
e) ( ) melhorar o acabamento.

Exercício 3

A finalidade do preaquecimento na soldagem de peças de ferro fundido é:

a) (   ) facilitar a soldagem;
b) (   ) não criar porosidade;
c) (   ) reduzir as tensões no local da solda;
d) (   ) evitar nova quebra;
e) (   ) evitar o preaquecimento.

Exercício 4

A importância do martelamento na soldagem de manutenção das peças de ferro fundido é:

a) (   ) melhorar o acabamento;
b) (   ) facilitar a soldagem;
c) (   ) criar tensões trativas;
d) (   ) transformar tensões compressivas em trativas;
e) (   ) aliviar as tensões de contração do cordão de solda.

AULA

9

Noções de manutenção de hidráulica industrial

João, o operador de uma retificadora cilíndrica, percebeu uma certa alteração no desempenho de sua máquina. Após fazer as verificações que conhecia e não descobrindo a causa do problema, solicitou que o departamento de manutenção vistoriasse a máquina, pois a qualidade das peças fabricadas estava ficando comprometida.

O mecânico de manutenção analisou a máquina e explicou a João que tanto a válvula reguladora de fluxo quanto a bomba hidráulica estavam com defeito, e que deveriam ser substituídas.

Como o mecânico de manutenção soube detectar os defeitos? É o que será mostrado nesta aula.

Conceito de pressão

A Física nos ensina que pressão é força distribuída por unidade de área, ou seja:

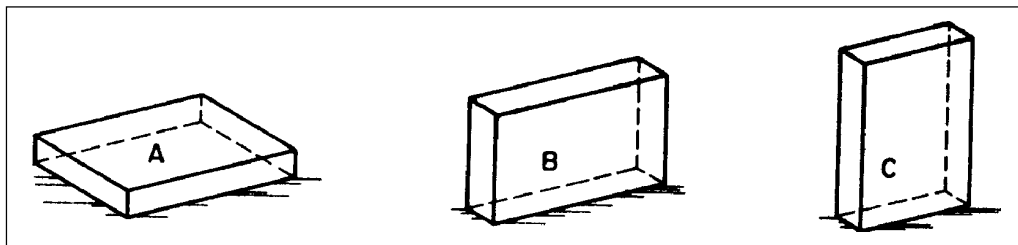
$$P = \frac{F}{A}$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de força é o newton (N) e a unidade de área é o metro quadrado (m^2). Então, no SI a unidade de pressão é o N/m^2, que recebe o nome de pascal (Pa).

Porém, na literatura industrial, ainda são utilizadas outras unidades de pressão, tais como: atmosfera (atm), torricelli (torr), quilograma-força por centímetro quadrado (kgf/cm^2), milímetro de mercúrio (mm Hg), bar, libra-força por polegada quadrada (lbf/pol^2) também chamada de psi (*pound per square inch*) etc.

A fórmula de pressão nos informa que a pressão é inversamente proporcional à área, isto é, quanto menor a área de atuação da força, maior será a pressão.

Por exemplo, considere um paralelepípedo de alumínio de peso 24N (o peso também é uma força) com as seguintes medidas: face A = 0,24 m^2; face B = 0,12 m^2 e face C = 0,08 m^2.

Se o paralelepípedo estiver apoiado pela face A, ele exercerá uma pressão de 100 Pa; se estiver apoiado pela face B, a pressão será de 200 Pa, e se ele estiver apoiado pela face C, o valor da pressão será de 300 Pa. Faça as contas e confira.

A pressão hidráulica, na faixa industrial, situa-se ao redor dos 140 bar, que equivale a aproximadamente 138 atm ou 14000000 Pa ou 14000 kPa, variando de projeto para projeto.

Conceito de vazão

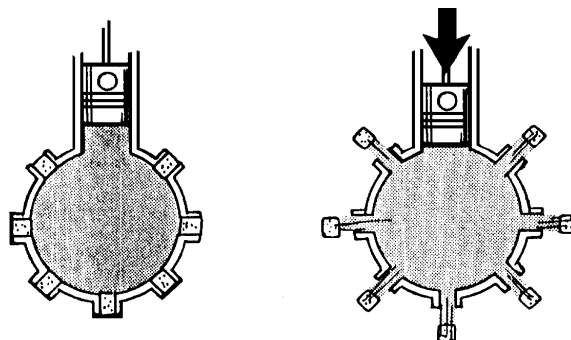
Vazão (Q) é o volume (V) de um fluido que passa na secção transversal de uma tubulação num certo intervalo de tempo (t). Matematicamente:

$$Q = \frac{V}{t}$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a vazão é expressa em m^3/s. Outras unidades de vazão são: L/min ; L/s ; cm^3/s.

Princípio de Pascal

O princípio de Pascal é um dos princípios mais importantes para a hidráulica. Esse princípio é definido assim:

Se uma massa líquida confinada receber um acréscimo de pressão, essa pressão se transmitirá integralmente para todos os pontos do líquido, em todas as direções e sentidos.

Todos os mecanismos hidráulicos são, em última análise, aplicações do princípio de Pascal.

Por exemplo, a prensa hidráulica, o macaco hidráulico e o freio hidráulico, além de outros mecanismos, baseiam-se no princípio de Pascal.

Os sistemas hidráulicos, quando em funcionamento, transmitem forças intensas. Tais mecanismos são utilizados em locais onde outros mecanismos, movidos com outras formas de energia, não seriam viáveis.

Por exemplo, uma pá hidráulica de um trator não poderia funcionar adequadamente se somente o motor diesel viesse a ser utilizado para elevar as cargas. Nesse caso, parte da energia proveniente da queima do óleo diesel do motor é transferida e transformada em energia hidráulica na unidade hidráulica, e desta é transferida para o atuador que movimenta a pá.

Em resumo, uma parcela da energia calorífica proveniente da queima do óleo diesel do motor se transforma em energia hidráulica. Outras parcelas da energia calorífica transformam-se em energia mecânica e energia sonora, enquanto uma última parcela se dissipa pelo ambiente na forma de radiação térmica.

Lembremos que energia não se cria e nem se destrói. A energia se transfere de um sistema para outro, podendo ou não transformar-se de uma modalidade para outra. Exemplo: numa alavanca em uso ocorre apenas transferência de energia de um ponto para outro; já numa bateria ocorre transformação de energia química em elétrica.

Divisão da hidráulica

Para fins didáticos, a hidráulica divide-se em dois ramos: a hidráulica industrial e a hidráulica móbil.

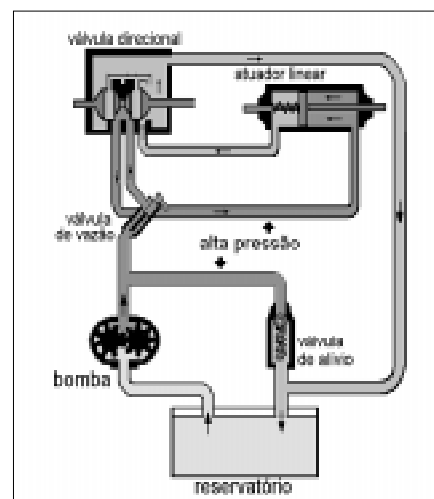
A hidráulica industrial cuida de máquinas e sistemas hidráulicos utilizados nas indústrias, tais como máquinas injetoras, prensas, retificadoras, fresadoras, tornos etc. A hidráulica móbil cuida de mecanismos hidráulicos existentes nos sistemas de transportes e cargas como caminhões, automóveis, locomotivas, navios, aviões, motoniveladoras, basculantes etc.

Circuito de trabalho industrial hidráulico

Um circuito hidráulico básico compõe-se de reservatório, bomba, válvula de alívio, válvula de controle de vazão, válvula direcional e um atuador que poderá ser linear ou rotativo.

A válvula que protege o sistema de sobrecargas é a válvula de alívio, também conhecida pelo nome de válvula de segurança.

O circuito funciona do seguinte modo:

- o óleo é succionado pela bomba e levado ao sistema;
- entrando no sistema, o óleo sofre uma redução de vazão;
- o excesso de óleo volta para o reservatório passando pela válvula de alívio;

- estando com a vazão reduzida, o óleo segue para o atuador que vai trabalhar com uma velocidade menor e adequada ao trabalho.
- a válvula direcional, por sua vez, comanda o avanço e o retorno do atuador, e todo o sistema está protegido de sobrecargas.

Manutenção de circuitos hidráulicos

A manutenção de circuitos hidráulicos exige os seguintes passos:

- analisar previamente o funcionamento do circuito;
- analisar as regulagens das válvulas;
- verificar se a tubulação não apresenta pontos de vazamento;
- verificar a limpeza do óleo existente no reservatório.

Bombas

As bombas são utilizadas, nos circuitos hidráulicos, para converter energia mecânica em energia hidráulica.

Nos sistemas hidráulicos industriais e móbil, as bombas são de deslocamento positivo, isto é, fornecem determinada quantidade de fluido a cada rotação ou ciclo.

As bombas de deslocamento positivo podem ser lineares ou rotativas. As bombas lineares podem ser de pistões radiais e de pistões axiais, ao passo que as bombas rotativas podem ser de engrenagens ou de palhetas.

Bombas lineares de pistões radiais

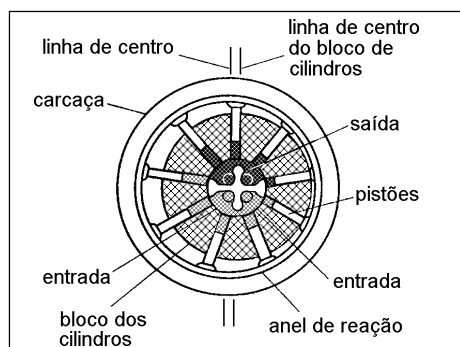
Nesse tipo de bomba, o conjunto gira em um pivô estacionário por dentro de um anel ou rotor.

Conforme vai girando, a força tangencial faz com que os pistões sigam o contorno do anel, que é excêntrico em relação ao bloco de cilindros.

Quando os pistões começam o movimento alternado dentro de seus furos, os pórticos, localizados no pivô, permitem que os pistões admitam o fluido do pórtico de entrada - e estes se movem para fora - descarregando no pórtico de saída quando os pistões são forçados pelo contorno do anel, em direção ao pivô.

O deslocamento de fluido depende do tamanho e do número de pistões no conjunto, bem como do curso desses pistões.

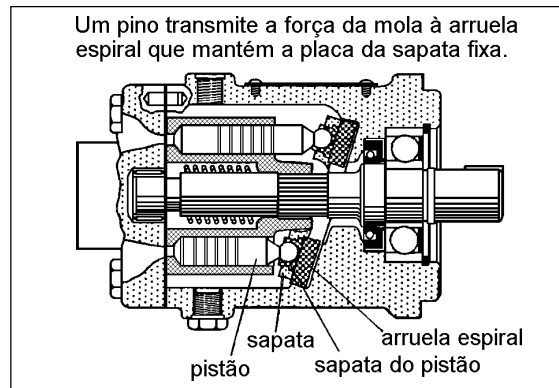
Existem modelos em que o deslocamento de fluido pode variar, modificando-se o anel para aumentar ou diminuir o curso dos pistões. Existem, ainda, controles externos para esse fim.

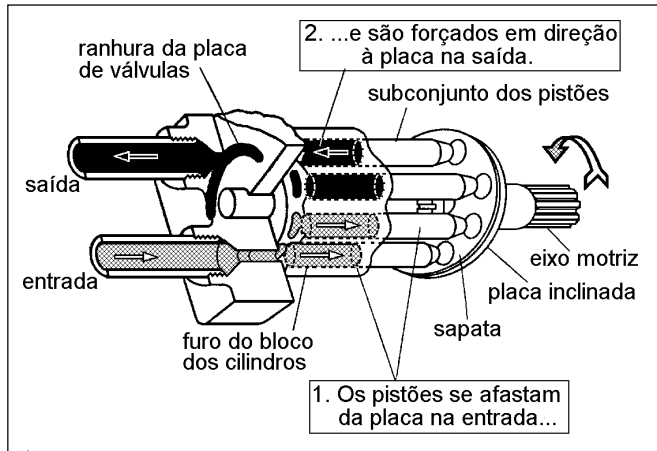
linha de centro
linha de centro do bloco de cilindros
carcaça
saída
pistões
entrada
entrada
bloco dos cilindros
anel de reação

A figura ao lado mostra o esquema de uma bomba com pistões radiais.

Bombas lineares de pistões axiais e sua manutenção

Uma bomba muito utilizada dentro dessa categoria é aquela em que o conjunto de cilindros e o eixo estão na mesma linha, e os pistões se movimentam em paralelo ao eixo de acionamento.

Os pistões são ajustados nos furos e conectados, através de sapatas, a um anel inclinado.

Um pino transmite a força da mola à arruela espiral que mantém a placa da sapata fixa.

Quando o conjunto gira, as sapatas seguem a inclinação do anel, causando um movimento recíproco dos pistões nos seus furos.

Os pórticos estão localizados de maneira que a linha de entrada se situe onde os pistões começam a recuar, e a abertura de saída onde os pistões começam a ser forçados para dentro dos furos do conjunto.

Nesse tipo de bomba, o deslocamento de fluido é determinado pelo tamanho e quantidade de pistões, bem como de seus cursos; a função da placa inclinada é controlar o curso dos pistões.

Nos modelos com deslocamento variável, a placa está instalada num suporte móvel. Movimentando esse suporte, o ângulo da placa varia para aumentar ou diminuir o curso dos pistões.

O suporte pode ser posicionado manualmente, por servo-controle, por compensador de pressão ou por qualquer outro meio de controle.

A manutenção de bombas de pistão axial consiste em trocar o conjunto rotativo toda vez que se verificar queda no rendimento. O óleo deve estar limpo e isento de água.

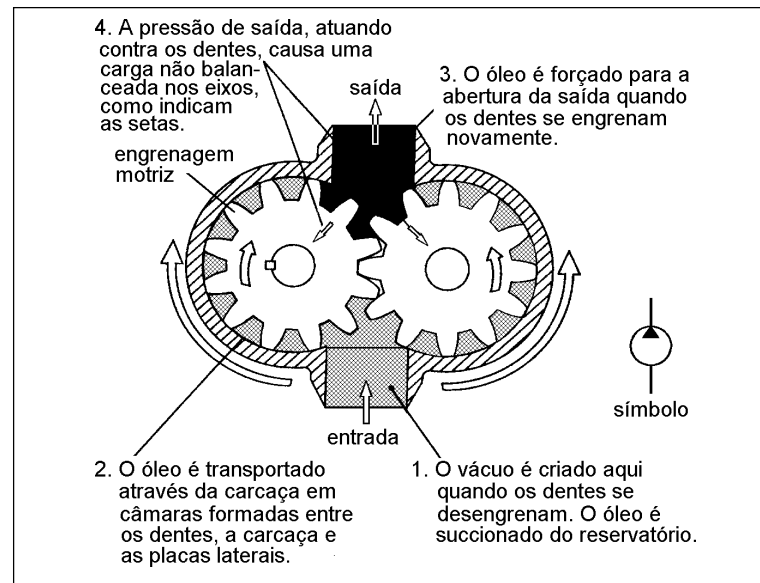
Bombas rotativas de engrenagens e sua manutenção

Essas bombas apresentam rodas dentadas, sendo uma motriz, acionada pelo eixo, que impulsiona a outra, existindo folgas axial e radial vedadas pela própria viscosidade do óleo.

No decorrer do movimento rotativo, os vãos entre os dentes são liberados à medida que os dentes se desengrenam.

O fluido proveniente do reservatório chega a esses vãos e é conduzido do lado da sucção para o lado da pressão.

No lado da pressão, os dentes tornam a se engrenar e o fluido é expulso dos vãos dos dentes; as engrenagens impedem o refluxo do óleo para a câmara de sucção.

A seguir mostramos o esquema de uma bomba de engrenamento externo.

A manutenção das bombas rotativas de engrenagens consiste em manter o óleo sempre limpo e sem água e em trocar as engrenagens desgastadas.

Bombas rotativas de palhetas e sua manutenção

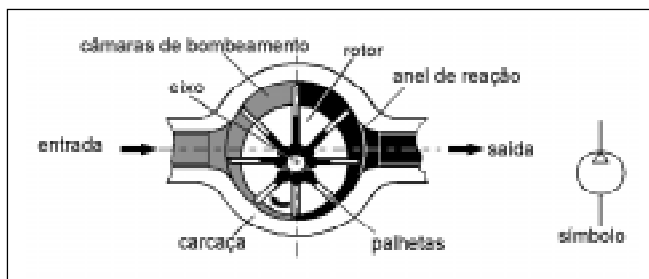
Nas bombas de palhetas, um rotor cilíndrico, com palhetas que se deslocam em rasgos radiais, gira dentro de um anel circular.

Pela ação das forças tangenciais, as palhetas tendem a sair do rotor, sendo obrigadas a manter contato permanente com a face interna do anel. Mas a pressão sob as palhetas as mantém contra o anel de reação.

Esse sistema tem a vantagem de proporcionar longa vida à bomba, pois as palhetas sempre mantêm contato com o corpo, mesmo se elas apresentarem desgastes.

As palhetas dividem o espaço existente entre o corpo e o rotor em uma série de câmaras que variam de tamanho de acordo com sua posição ao redor do anel.

A entrada da bomba fica localizada em um ponto onde ocorre a expansão do tamanho das câmaras de acordo com o sentido de rotação do rotor e da sua excentricidade em relação ao anel.

O vácuo parcial, gerado pela expansão das câmaras de bombeamento, faz com que a pressão atmosférica empurre o óleo para o interior da bomba. O óleo é então transportado da entrada para a saída da bomba, onde as câmaras reduzem de tamanho, forçando o fluido para fora.

A manutenção das bombas de palhetas consiste na troca de todo o conjunto que se desgasta por causa do tempo de uso.

Manutenção do óleo hidráulico

Entre os fluidos que poderiam ser utilizados nos sistemas hidráulicos, o óleo é o mais recomendável porque, além de transmitir pressão, ele apresenta as seguintes propriedades:

- atua como refrigerante permitindo as trocas de calor geradas no sistema;
- por ser viscoso, atua como vedante;
- é praticamente imiscível em água;
- oxida-se muito lentamente em contato com o oxigênio do ar.

A manutenção do óleo hidráulico exige os seguintes cuidados:

- utilizar filtro de sucção;
- utilizar filtro de retorno;
- eliminar a água absorvida pelo ar que entra no reservatório;
- usar aditivos e efetuar uma drenagem com filtração para separar o óleo da água;
- trocar o óleo de todo o sistema, se o grau de contaminação do óleo for muito elevado.

Atuadores hidráulicos

Os atuadores hidráulicos são representados pelos motores hidráulicos e pelos cilindros lineares.

Motores hidráulicos

Os motores hidráulicos são atuadores rotativos capazes de transformar energia hidráulica em energia mecânica, produzindo um movimento giratório.

Ao contrário das bombas que empurram o fluido num sistema hidráulico, os motores são empurrados pelo fluido, desenvolvendo torque e rotação.

Todo motor hidráulico pode funcionar como bomba; entretanto, nem toda bomba funciona como motor. Algumas bombas necessitam de modificações em suas características construtivas para exercerem a função de motor.

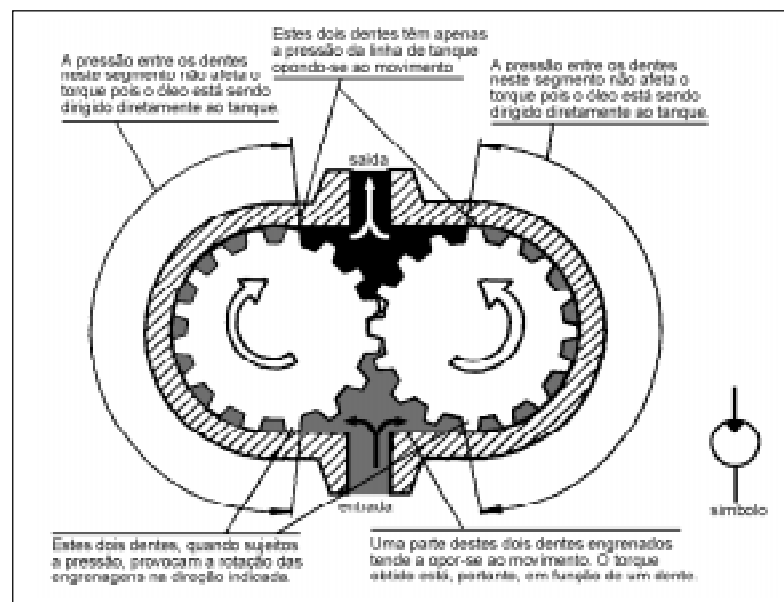
Quanto ao funcionamento, existem três tipos de motores hidráulicos:

- o motor unidirecional, que se movimenta em um único sentido de rotação;
- o motor bidirecional (reversível), que produz rotação nos dois sentidos;
- o motor oscilante (angular), que gira em ambos os sentidos com ângulo de rotação limitado.

Entre os motores bidirecionais, o mais utilizado é o motor de engrenagens. Esse motor desenvolve torque por meio da pressão aplicada nas superfícies dos dentes das rodas dentadas. Elas giram juntas, mas apenas uma está ligada ao eixo do motor.

A rotação do motor pode ser invertida mudando a direção do fluxo de óleo.

A alta pressão na entrada e a baixa pressão na saída provocam altas cargas laterais no eixo, bem como nas rodas dentadas e nos rolamentos que as suportam. Isso faz com que os motores de engrenagens tenham sua pressão de operação limitada.

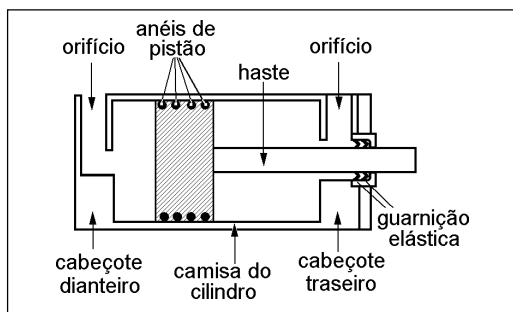
A figura abaixo mostra o corte de um motor de engrenagens.

O motor de engrenagens tem como vantagens principais sua simplicidade e sua maior tolerância à sujeira. A manutenção consiste em substituir o motor estragado por um motor novo.

Cilindros e sua manutenção

Os cilindros têm um cabeçote em cada lado da camisa e um pistão móvel ligado à haste.

Em um dos lados a camisa do cilindro apresenta uma conexão de entrada, por onde o fluido penetra enquanto o outro lado é aberto.

Para manutenção, exige-se a troca das guarnições dos cilindros.

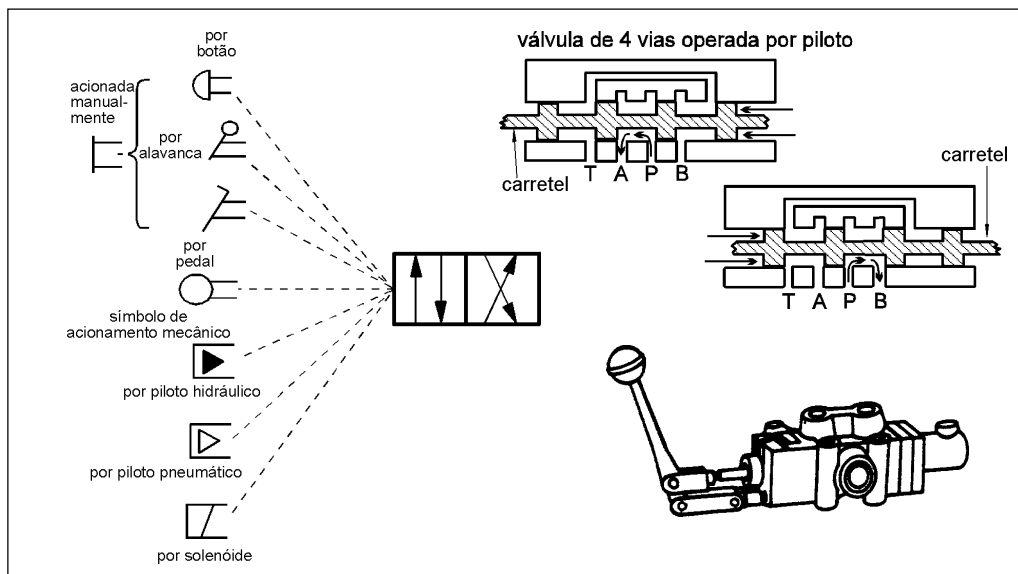
A figura abaixo mostra a estrutura interna de um cilindro.

Válvulas hidráulicas

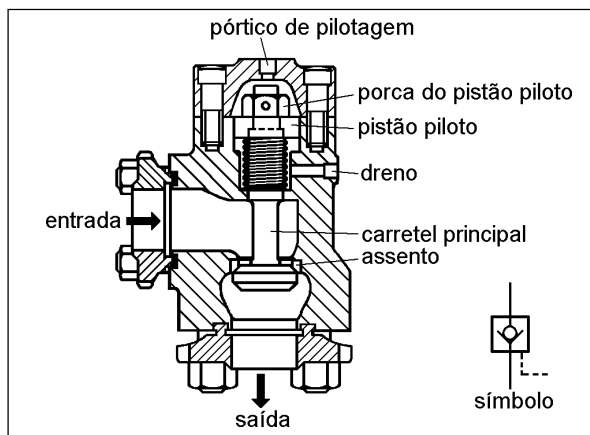
As válvulas hidráulicas dividem-se em quatro grupos:

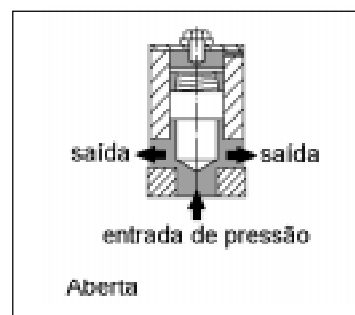
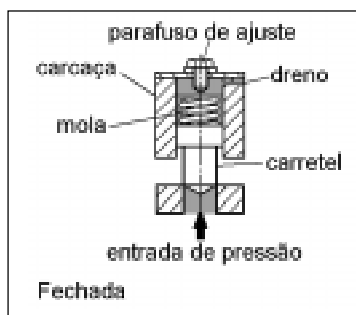
- válvulas direcionais;
- válvulas de bloqueio;
- válvulas controladoras de pressão;
- válvulas controladoras de fluxo ou de vazão.

As **válvulas direcionais** são classificadas de acordo com o número de vias, número de posições de comando, tipos de acionamento e princípios de construção.

Dentre as válvulas direcionais, a mais comum é a válvula de carretel. O defeito mais comum nesse tipo de válvula é o engripamento do carretel, isto é, ele deixa de correr dentro do corpo da válvula. Outro defeito que uma válvula de carretel pode apresentar é a quebra de seu comando de acionamento.

A seguir mostramos um tipo de válvula direcional, um carretel e a simbologia de acionamento que as válvulas direcionais podem ter.

As **válvulas de bloqueio** têm a finalidade de segurar cargas verticais com estanqueidade de 100%. O maior defeito dessa válvula é a sede gasta. Sujeira no óleo também impede seu funcionamento. Uma válvula de bloqueio bastante utilizada em prensas é a de retenção pilotada.

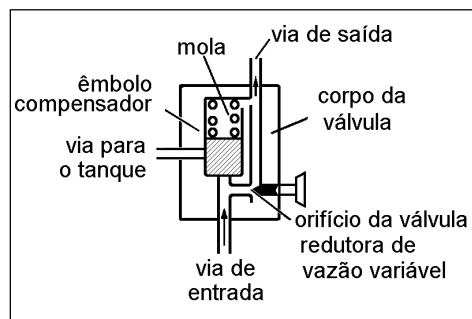
A ilustração seguinte, em corte, mostra uma válvula de retenção pilotada.

As válvulas controladoras de pressão limitam ou reduzem a pressão de trabalho em sistemas hidráulicos. Essas válvulas são classificadas de acordo com o tamanho e a faixa de pressão de trabalho.

As figuras, em corte, mostram as características construtivas de uma válvula limitadora de pressão fechada e aberta.

As válvulas controladoras de pressão podem assumir as seguintes funções nos circuitos hidráulicos:

- válvula de segurança ou alívio;
- válvula de descarga;
- válvula de seqüência;
- válvula de contrabalanço;
- válvula de frenagem;
- válvula redutora de pressão;
- válvula de segurança e descarga.

As válvulas controladoras de fluxo ou de vazão controlam a quantidade de fluido a ser utilizado no sistema. Essas válvulas têm por função regular a velocidade dos elementos hidráulicos de trabalho.

As válvulas controladoras de fluxo podem ser fixas ou variáveis, unidirecionais ou bidirecionais.

A figura ao lado, em corte, mostra uma válvula reguladora de vazão com pressão compensada, tipo *bypass*. Essa válvula só deixa fluir a quantidade de óleo que foi regulada previamente, por mais que se aumente a pressão.

Manutenção de válvulas hidráulicas

A manutenção de válvulas hidráulicas deve abranger os seguintes itens:

Óleo - verificar grau de contaminação por água e sujeira. Se for o caso, drenar e substituir o óleo contaminado e sujo por óleo novo, segundo especificações do fabricante.
Guarnições - trocar as desgastadas.
Molas - trocar as fatigadas.
Sede de assentamento - verificar o estado de desgaste.

Quando irrecuperáveis, as válvulas hidráulicas deverão ser substituídas por novas.

Exercícios

Assinale com X a alternativa correta.

Exercício 1
Pressão é:
a) ( ) sinônimo de força;
b) ( ) força por unidade de área;
c) ( ) força por unidade de volume;
d) ( ) volume por unidade de tempo;
e) ( ) volume por unidade de superfície.

Exercício 2
Quais exemplos de máquinas e sistemas hidraúlicos são cuidados pela hidráulica industrial?
a) ( ) máquinas injetoras, caminhões, navios;
b) ( ) automóveis, prensas, mandriladoras;
c) ( ) prensas, fresadoras, brochadeiras;
d) ( ) locomotivas, fresadoras, mandriladoras;
e) ( ) retificadoras, brochadeiras, caminhões.

Exercício 3
A manutenção de bombas rotativas de engrenagens consiste em:
a) ( ) trocar as guarnições da bomba e suas válvulas;
b) ( ) trocar todo o sistema de palhetas desgastado;
c) ( ) regular as válvulas e verificar a limpeza do óleo existente no reservatório;
d) ( ) manter o óleo sempre limpo e sem água e trocar as engrenagens desgastadas;
e) ( ) substituir as válvulas desgastadas e trocar os filtros de óleo.

Exercício 4

As válvulas hidráulicas se dividem em quatro grupos. Esses grupos são representados pelas válvulas:

a) (   ) direcionais e de sentido, controladoras de pressão e de vazão;
b) (   ) controladoras de umidade e fluxo, direcionais e de bloqueio;
c) (   ) de bloqueio e de segurança, controladoras de temperatura e vazão;
d) (   ) controladoras de densidade e pressão, direcionais e de bloqueio;
e) (   ) direcionais e de bloqueio, controladoras de pressão e vazão.

Exercício 5

Relacione a atividade de manutenção aos componentes hidráulicos:

a) (   ) Verificar o estado de desgaste
b) (   ) Verificar o grau de contaminação por água e sujeira
c) (   ) Trocar as desgastadas
d) (   ) Trocar as fatigadas.
e) (   ) Submeter a exames de laboratório.

1. Óleo.
2. Guarnições.
3. Sede de assentamento.
4. Molas

AULA

10

Noções básicas de pneumática

Fuussshhhhhhh... era o característico som de vazamento de ar que o experiente ouvido de Gelásio captava. Seus olhos procuraram a fonte do vazamento na linha do sistema pneumático da produção. Esse sistema era vital para a fabricação de embalagens da empresa onde trabalhava como mecânico de manutenção.

Com cuidado ele examinou os manômetros e constatou que um deles indicava uma pressão abaixo do normal. Esse manômetro estava ligado a um dos ramos da rede de ar comprimido, e o vazamento provinha de uma válvula.

Tranqüilamente Gelásio isolou o ramo, fechando duas outras válvulas. O restante do sistema funcionou normalmente por duas horas, garantindo a produção. Bastou ajustar a pressão para compensar aquela parada, enquanto ele procurava a causa do vazamento.

Meia hora depois, Gelásio já tinha resolvido o problema e religado o ramal ao restante do sistema. Regulou a pressão de todo o circuito e tudo voltou ao normal. O som característico, agora, era: fisssshhh.....fisssshhh....

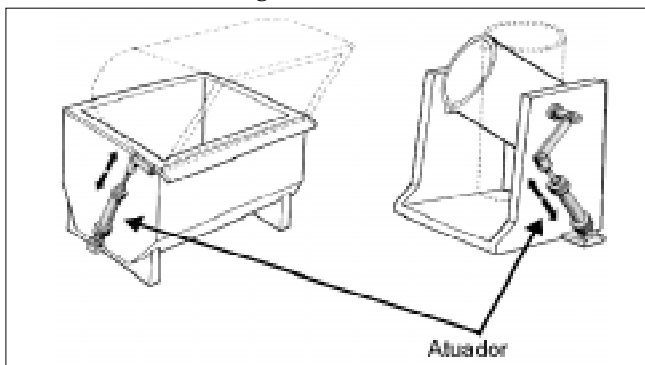
Qual foi a causa do vazamento da válvula? Qual componente da válvula foi reparado?

Esta aula tratará de compressores, bombas e válvulas, elementos importantíssimos dos circuitos pneumáticos.

A importância da pneumática

No universo da mecânica, muitas máquinas e equipamentos apresentam, além dos sistemas mecânicos (polias e correias, engrenagens, alavancas etc.), sistemas hidráulicos (funcionam à base de óleo) e sistemas pneumáticos (funcionam à base de ar comprimido).

A utilização das máquinas pelo homem sempre teve dois objetivos: reduzir, ao máximo, o emprego da força muscular e obter bens em grandes quantidades. A pneumática contribui para que esses dois objetivos venham a ser alcançados. Ela permite substituir o trabalho humano repetitivo e cansativo nos processos industriais.

De fato, com atuadores pneumáticos, certas máquinas e equipamentos tornam-se mais velozes e mais seguros.

Outra vantagem da pneumática é que ela pode atuar em locais onde a pura energia mecânica, hidráulica e elétrica seriam desvantajosas.

Ar

O ar atmosférico é constituído por uma mistura de gases, tais como: oxigênio, nitrogênio, neônio, argônio, gás carbônico etc. Junto com esses gases, encontramos no ar atmosférico outras impurezas devidas à poluição (poeira, partículas de carbono provenientes de combustões incompletas, dióxido de enxofre etc.) e também vapor d'água.

Sendo abundante na natureza e gratuito, o ar atmosférico comprimido é a alma dos equipamentos pneumáticos.

Pneumática industrial

A pneumática industrial, por definição, é a soma de aplicações industriais onde a energia da compressão do ar é utilizada, notadamente em atuadores (cilindros e motores). O controle do trabalho executado pela energia da compressão do ar é efetuado por meio de válvulas.

O ar comprimido recomendado para o trabalho na pneumática tem de ser isento de impurezas e de água e apresentar pressão e vazão constantes.

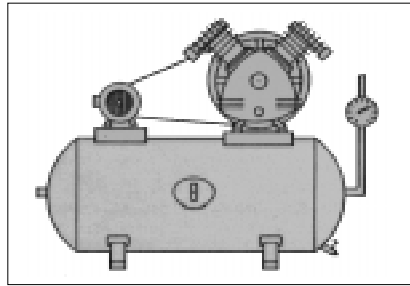
Compressores

Compressores são máquinas que captam o ar, na pressão atmosférica local, comprimindo-o até atingir a pressão adequada de trabalho. Ao nível do mar, a pressão atmosférica normal vale uma atmosfera ou 1 atm.

Equivalência entre atm e outras unidades de pressão:

1 atm ≅ 1 bar ≅ 14,5 psi (libra-força por polegada quadrada) ≅ 100 000 Pa = 100 Kpa

Em equipamentos pneumáticos, a pressão mais utilizada é aquela que se situa na faixa de 6 bar, ou seja, 600 Kpa.

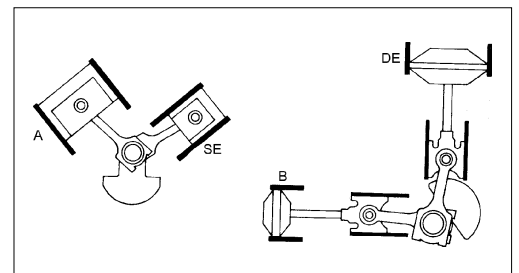
A ilustração abaixo mostra um modelo de compressor.

Em diagramas pneumáticos, os compressores, segundo a ISO 1219, são representados pelo símbolo:

Classificação dos compressores

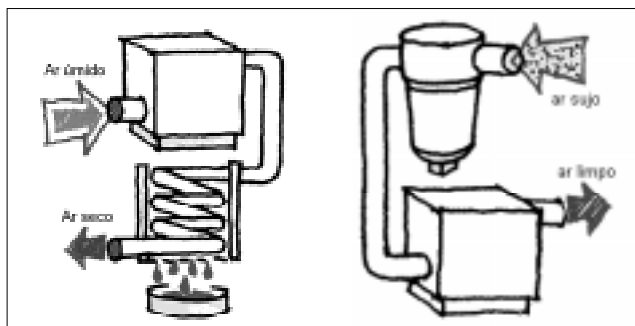
Os compressores são classificados em dois tipos: compressores de deslocamento positivo e compressores dinâmicos.

Compressores de deslocamento positivo

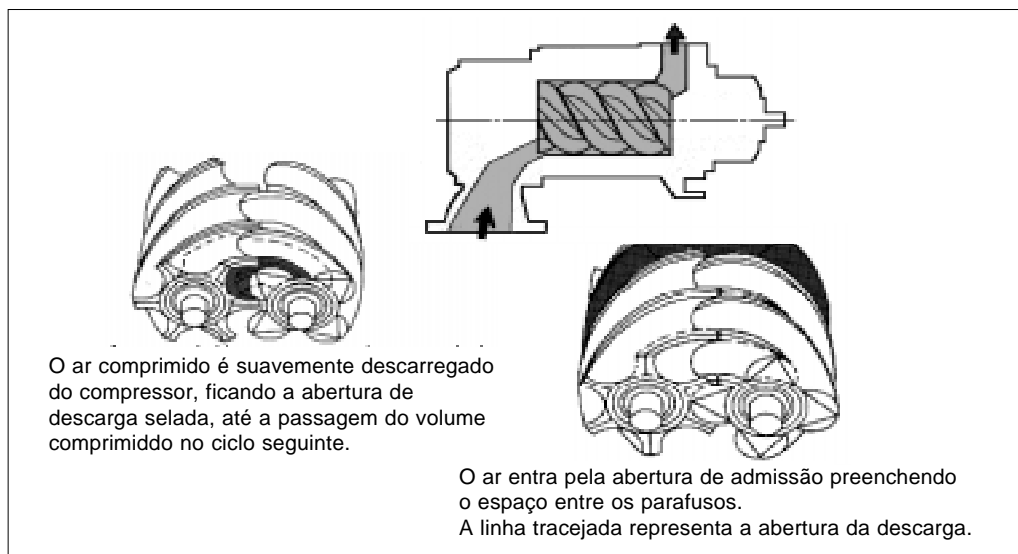
Nesses compressores, sucessivos volumes de ar são confinados em câmaras fechadas e elevados a pressões maiores. Dentro dessa categoria, os mais utilizados são os compressores de pistão e os compressores de parafuso.

Compressores de pistão - Podem ser de simples efeito (SE) e duplo efeito (DE), ou de um ou mais estágios de compressão, como mostra a figura ao lado.

Manutenção dos compressores de pistão

Para uma eficaz manutenção desses compressores devem-se tomar os seguintes cuidados:

- manter limpo o filtro de sucção e trocá-lo quando for necessário;
- o calor na compressão de um estágio para o outro gera a formação de condensado, por causa da entrada de ar úmido, por isso é preciso eliminar a água;
- verificar o nível de óleo;
- verificar se as válvulas de sucção e descarga não estão travando;
- verificar se as ligações de saídas de ar não apresentam vazamento;
- verificar o aquecimento do compressor;
- verificar a água de refrigeração;
- verificar a tensão nas correias;
- verificar o funcionamento da válvula de segurança.

Compressor de parafuso - O motor elétrico ou diesel impulsiona um par de parafusos que giram, um contra o outro, transportando o ar desde a seção de admissão até a descarga, comprimindo-o ao mesmo tempo.

O ar comprimido é suavemente descarregado do compressor, ficando a abertura de descarga selada, até a passagem do volume comprimiddo no ciclo seguinte.

O ar entra pela abertura de admissão preenchendo o espaço entre os parafusos.
A linha tracejada representa a abertura da descarga.

Manutenção de compressores de parafuso

Os compressores de parafuso, por apresentarem poucas peças móveis e não apresentarem válvulas de entrada e saída e operarem com temperaturas internas relativamente baixas, não exigem muita manutenção. Praticamente isentos de vibrações, esses equipamentos têm uma longa vida útil. Para instalá-los, recomenda-se assentá-los em locais distantes de paredes e teto e em pisos de concreto nivelados .

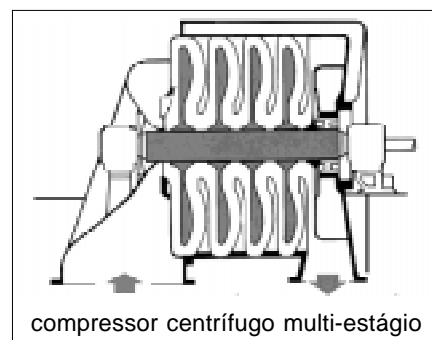
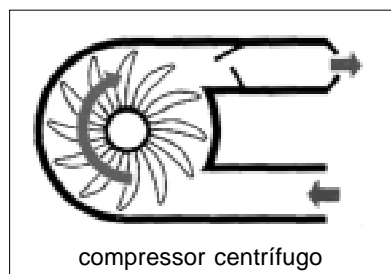
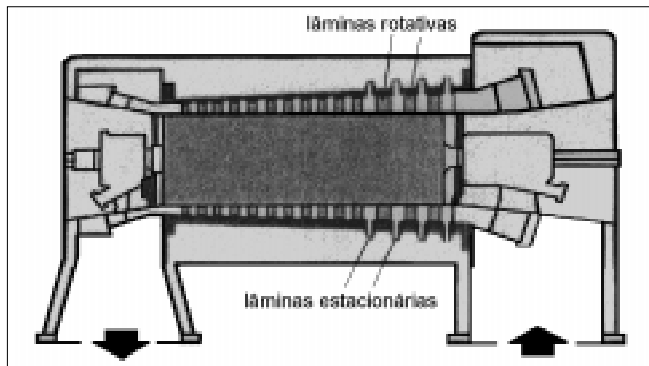
Compressores dinâmicos

Esses compressores aceleram o ar com a utilização de um elemento rotativo, transformando velocidade em pressão no próprio elemento rotativo que empurra o ar em difusores e lâminas. São usados para grandes massas de ar e apresentam um ou mais estágios. Dentro dessa categoria de compressores, os mais utilizados são o compressor centrífugo radial e o compressor axial.

Compressor centrífugo radial - Este compressor é constituído por um rotor com pás inclinadas como uma turbina. O ar é empurrado pelo rotor por causa de sua alta rotação e lançado através de um difusor radial. Os compressores centrífugos radiais podem ter um ou mais estágios.

O uso do compressor centrífugo radial é indicado quando se necessita de uma grande quantidade de ar constante.

compressor centrífugo

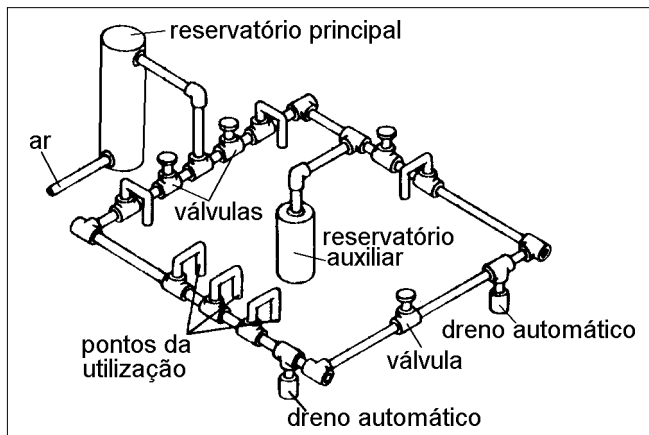
compressor centrífugo multi-estágio

Compressor axial - É usado para grandes capacidades de ar e altas rotações. Cada estágio consiste de duas fileiras de lâminas, uma rotativa e outra estacionária. As lâminas rotativas do rotor transmitem velocidade ao ar, e a velocidade é transformada em pressão nas lâminas estacionárias.

Manutenção dos compressores centrífugos radiais e axiais

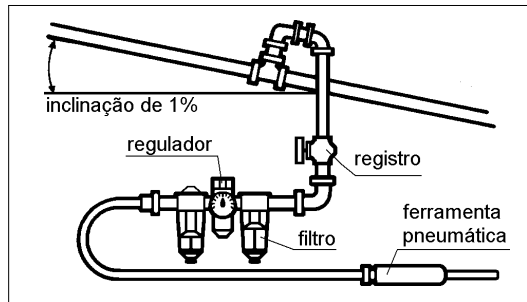
Por trabalharem em alta rotação, esses compressores devem ter uma programação que contemple os seguintes itens:

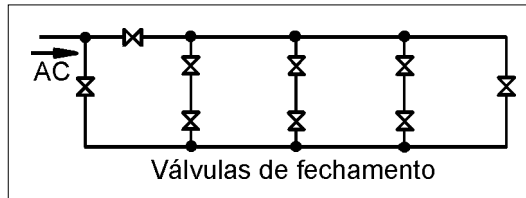
- paradas para limpeza;
- troca de rolamentos;
- troca de filtros;
- soldagem de lâminas danificadas;
- realinhamento.

Recomenda-se a parada imediata desses compressores se eles apresentarem barulhos e/ou ruídos anormais.

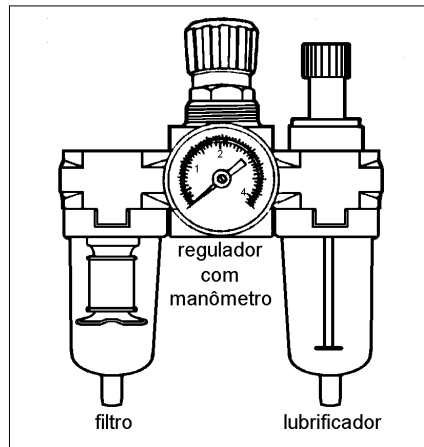
Rede de ar comprimido

Depois de comprimido e de ter passado pelo reservatório principal e secadores, o ar segue pela rede. A rede é um circuito fechado que mantém a pressão igual à pressão reinante no interior do reservatório principal.

Para se construir uma rede de ar comprimido, os seguintes parâmetros deverão ser levados em consideração:

- as conexões das tubulações deverão ter raios arredondados para evitar a presença de fluxos turbulentos;
- a linha principal, em regra, deverá ter uma inclinação de aproximadamente 1% em relação ao seu comprimento;

- nos pontos mais baixos deverão ser montados drenos automáticos para drenagem do condensado água-óleo;
- expansões futura da rede deverão ser previstas em projeto;
- as tomadas de ar deverão estar situadas sempre por cima da rede;
- as tubulações de ar comprimido deverão ser pintadas na cor azul;
- prever, em projeto, a construção de reservatórios auxiliares;
- as tubulações da rede deverão ser aéreas e nunca embutidas em paredes. Sendo aéreas, serão mais seguras e de fácil manutenção;
- construir a rede de forma combinada, de modo que se algum ramo tiver de ser interrompido, os demais continuem funcionando para garantir a produção. Daí a importância de válvulas ao longo do circuito.

Válvulas de fechamento

Manutenção da rede de ar comprimido

A manutenção da rede de ar comprimido requer os seguintes passos:

- verificar as conexões para localizar vazamentos;
- drenar a água diariamente ou de hora em hora;
- analisar se está tudo em ordem com a F.R.L (filtro, regulador e lubrificador), de instalação obrigatória na entrada de todas as máquinas pneumáticas.

Atuadores pneumáticos

Os atuadores pneumáticos se dividem em duas categorias: os lineares e os rotativos. Os lineares convertem energia pneumática em movimento linear, e os rotativos convertem energia pneumática em movimento rotativo.

Os atuadores lineares de simples efeito e de duplo efeito são os mais usuais, não importando se são cilíndricos, quadrados ou com outros formatos. Pela simbologia adotada pela ISO 1219, esses atuadores são assim representados.

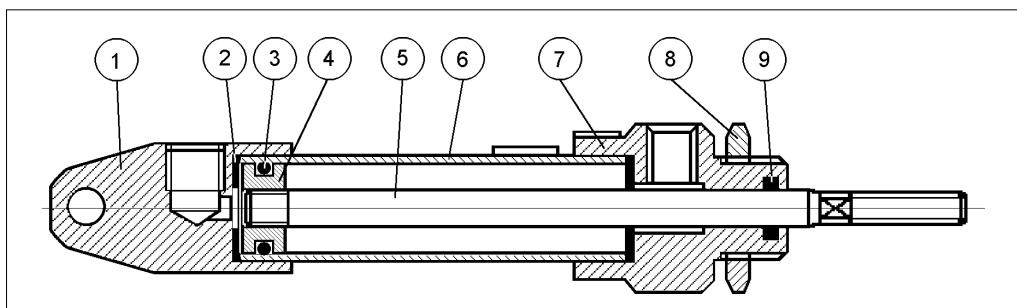
avanço retorno avanço retorno

Manutenção dos atuadores em geral

Para se fazer a manutenção dos atuadores, é necessário ter em mãos os catálogos dos fabricantes. Nesses catálogos são encontrados os parâmetros de construção mais importantes para a manutenção, ou seja:

- o diâmetro interno do cilindro;
- o diâmetro da haste;
- a pressão máxima;
- a temperatura de trabalho;
- o curso mínimo e máximo;
- dados a respeito do amortecedor;
- o tipo de fluido lubrificante a ser utilizado;
- a força máxima no avanço;
- a força de retorno;
- tipos de montagem.

O exemplo a seguir, retirado do catálogo de um fabricante, mostra um atuador cilíndrico de duplo efeito. Observe seus parâmetros de construção:

1 2 3 4 5 6 7 8 9

01 - cabeçote traseiro: latão
02 - anel de encosto: buna - N
03 - guarnição O'ring: buna - N
04 - êmbolo: latão
05 - haste: aço SAE 1045 cromado ou aço inox
06 - tubo: latão
07 - cabeçote dianteiro: latão
08 - porca: latão
09 - guarnição O'ring: buna -N

Observação: buna - N é a denominação dada a um dos tipos de borracha sintética.

Analisada a avaria existente no cilindro, o mecânico de manutenção, de posse do catálogo, orienta-se pelo desenho e pelos parâmetros para executar os trabalhos de reparo necessários.

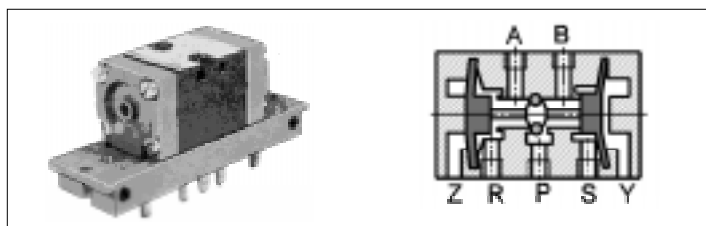
As avarias mais comuns nos atuadores pneumáticos são as seguintes:

- desgaste de retentores;
- mola do cilindro fatigada;
- desgaste na camisa do atuador;

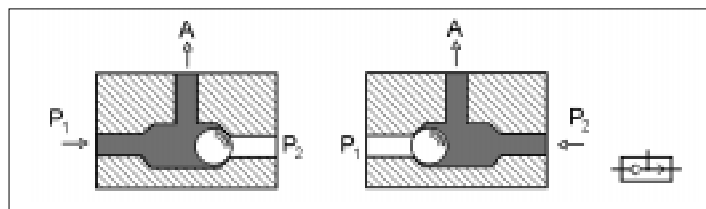
- excesso de pressão;
- respiro do cilindro de simples efeito;
- ressecamento de guarnições e retentores.

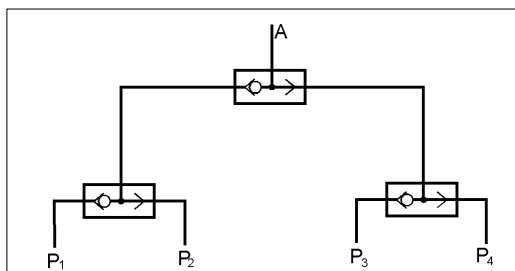
Manutenção de válvulas de controle penumáticas

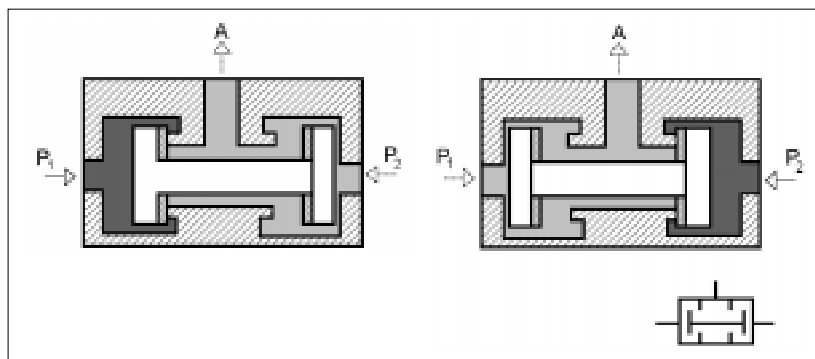
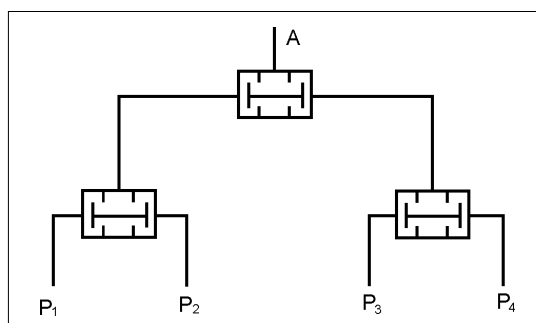
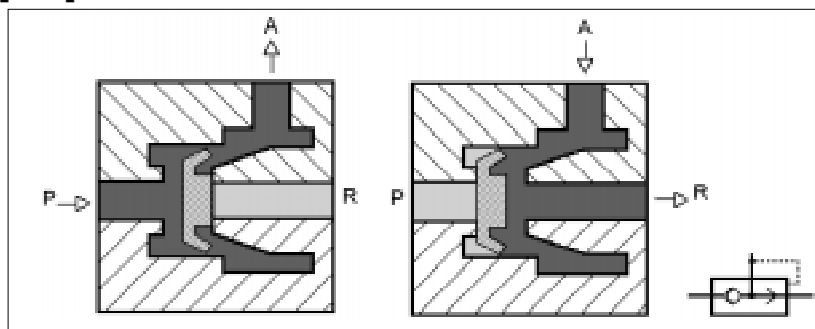
Há quatro grupos de válvulas pneumáticas: válvulas direcionais, válvulas de bloqueio, válvulas de controle de fluxo e válvulas de pressão.

Válvulas direcionais - São as mais importantes porque orientam, com lógica, o caminho do ar comprimido dentro do sistema. As mais comuns são as de cinco vias e duas posições (5/2) e as de três vias e duas posições (3/2), ambas adaptáveis a qualquer comando de acionamento.

A manutenção básica das válvulas direcionais consiste, basicamente, em limpá-las internamente e em trocar seus anéis de borracha. Muitas vezes, por motivos de economia, é preferível trocar válvulas direcionais avariadas por válvulas novas.

Válvulas de bloqueio - Essas válvulas bloqueiam, seguindo uma lógica de programação, o sentido de circulação do ar comprimido dentro do sistema. Na categoria de válvulas de bloqueio, as mais utilizadas são as seguintes: válvulas alternadoras, válvulas de simultaneidade ou de duas pressões e válvulas de escape rápido.

As **válvulas alternadoras** possuem duas entradas P1 e P2 e uma saída A. Entrando ar comprimido em P1, a esfera fecha a entrada P2 e o ar flui de P1 para A. Quando o ar flui de P2 para A, a entrada P1 é bloqueada.

Com pressões iguais e havendo coincidência de sinais em P1 e P2, prevalecerá o sinal que chegar primeiro. Em caso de pressões diferentes, a pressão maior fluirá para A.

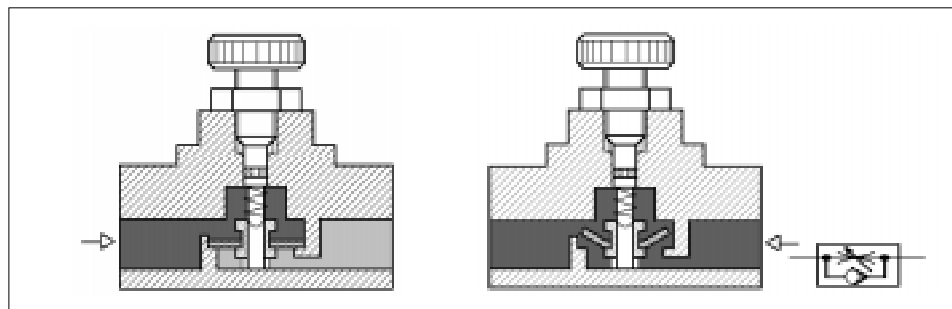
As válvulas alternadoras são empregadas quando há necessidade de enviar sinais de lugares diferentes a um ponto comum de comando. O diagrama a seguir mostra um exemplo de aplicação de válvulas alternadoras.

As **válvulas de simultaneidade ou de duas pressões** possuem duas entradas P1 e P2 e uma saída A. Entrando um sinal em P1 ou P2, o pistão impede o fluxo de ar para A. Existindo diferença de tempo entre sinais de entrada com a mesma pressão, o sinal atrasado vai para a saída A.

Com pressões diferentes dos sinais de entrada, a pressão maior fecha um lado da válvula e a pressão menor vai para a saída A.

O diagrama mostra um exemplo de aplicação de válvulas de simultaneidade.

Quando se necessita de movimentos rápidos do êmbolo nos cilindros, com velocidade superior àquela desenvolvida normalmente, utiliza-se a **válvula de escape rápido.**

A válvula possui conexões de entrada (P), de saída (R) e de alimentação (A).

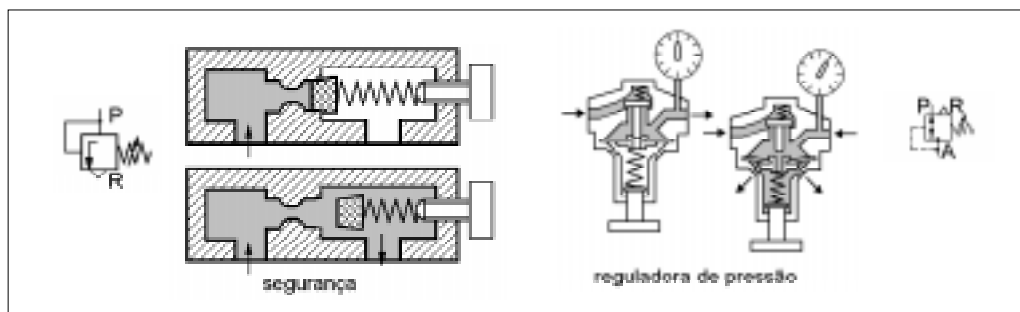
Havendo fluxo de ar comprimido em P, o elemento de vedação impede a passagem do fluxo em R e o ar flui para A.

Eliminando a pressão em P, o ar, que retorna por A, desloca o elemento de vedação contra a conexão P e provoca o bloqueio. Desta forma, o ar escapa rapidamente por R para a atmosfera. Assim, evita-se que o ar de escape seja obrigado a passar por uma canalização mais longa e de diâmetro pequeno até a válvula de comando.

É recomendável colocar a válvula de escape rápido diretamente no cilindro ou, então, o mais próximo dele.

Válvulas de controle de fluxo - São válvulas que controlam a vazão de ar nos atuadores. Entre as válvulas de controle de fluxo, a mais usada é a **válvula de controle de fluxo unidirecional,** mostradas a seguir.

Os defeitos mais comuns que a válvula de controle de fluxo unidirecional apresenta é o desgaste da sede de fechamento e quebras nas guarnições de borracha.

Válvulas de pressão - São válvulas que funcionam a partir de uma certa pressão de regulagem. As mais utilizadas são as **válvulas de segurança** (agem no sentido da pressão limite de segurança do sistema) e as **válvulas reguladoras de pressão com escape** (agem no sentido de manter uma pressão regulável para o trabalho de uma máquina).

P
R
segurança
reguladora de pressão
P R
A

A manutenção das válvulas de pressão é muito importante para o sistema pneumático, pois delas depende a eficiência da pressão. Recomenda-se, além de uma limpeza semestral, limpar e trocar as guarnições e molas das válvulas de pressão.

Exercício 1

Associe a coluna **A** com a coluna **B:**

Coluna A

1. Pressão e vazão constantes, além de limpo.
2. Compressor de deslocamento positivo.
3. Atmosfera e bar.
4. Compressor dinâmico.
5. Convertem energia pneumática em movimento linear.

Coluna B

a) ( ) Unidades de pressão.
b) ( ) Atuador linear.
c) ( ) Compressor centrífugo radial.
d) ( ) Ar comprimido.
e) ( ) Compressor de pistão.
f) ( ) Válvula alternadora.

Exercício 2

Responda.

a) Do que é constituído o ar atmosférico?
b) Como deve se apresentar o ar comprimido antes de entrar num circuito pneumático?
c) Qual é a faixa de pressão mais utilizada na pneumática industrial?
d) Por que as conexões e tubos de uma rede de ar comprimido devem ser arredondados?
e) Qual deve ser a cor das tubulações de uma rede de ar comprimido?
f) Quais são as principais avarias que ocorrem nos atuadores pneumáticos?
g) Entre as válvulas direcionais, as mais comuns apresentam quantas vias e quantas posições?
h) Quais são as válvulas de bloqueio mais utilizadas?

AULA

11

Manutenção eletroeletrônica I

Uma máquina industrial apresentou defeito. O operador chamou a manutenção mecânica, que solucionou o problema.

Indagado sobre o tipo de defeito encontrado, o mecânico de manutenção disse que estava na parte elétrica, mas que ele, como mecânico, conseguiu resolver. Onde termina a parte mecânica e começa a parte elétrica?

Nesta aula você aprenderá noções de manutenção de partes eletroeletrônicas existentes em máquinas. Para uma melhor compreensão, é necessário que você reveja as aulas de eletricidade e eletrônica no módulo de automação.

Máquinas eletromecânicas

Máquinas eletromecânicas são combinações de engenhos mecânicos com circuitos elétricos e eletrônicos capazes de comandá-los. Defeitos nessas máquinas tanto podem ser puramente mecânicos como mistos, envolvendo também a parte eletroeletrônica, ou então puramente elétricos ou eletrônicos.

Com três áreas tecnológicas bem distintas nas máquinas, uma certa divisão do trabalho de manutenção é necessária. Há empresas que mantêm os mecânicos de manutenção, os eletricistas e os eletrônicos em equipes separadas.

É interessante notar que a boa divisão do trabalho só dá certo quando as equipes mantêm constantes a troca de informações e ajuda mútua. Para facilitar o diálogo entre as equipes, é bom que elas conheçam um pouco das outras áreas.

Um técnico eletrônico com noções de mecânica deve decidir bem melhor quanto à natureza de um defeito do que aquele desconhecedor da mecânica. O mecânico com alguma base eletroeletrônica tanto pode diferenciar melhor os defeitos como até mesmo resolver alguns problemas mistos.

Conhecimentos sobre tensão, corrente e resistência elétricas são imprescindíveis para quem vai fazer manutenção em máquinas eletromecatrônicas. Recordando:

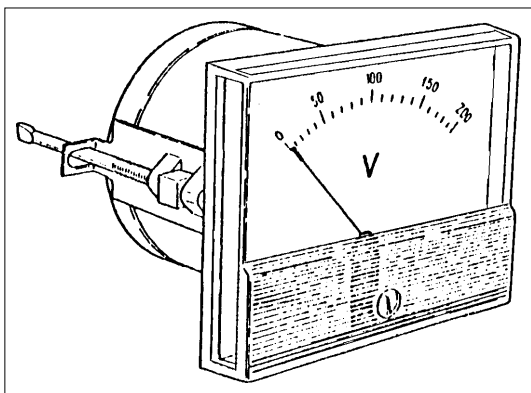
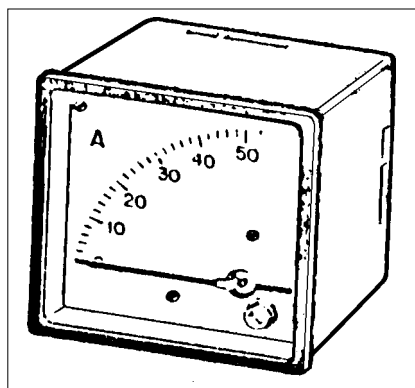
Tensão elétrica (U) – É a força que alimenta as máquinas. A tensão elétrica é medida em volt (V). As instalações de alta-tensão podem atingir até 15.000 volts. As mais comuns são as de 110V, 220V e 380V. Pode ser contínua (a que tem polaridade definida) ou alternada.

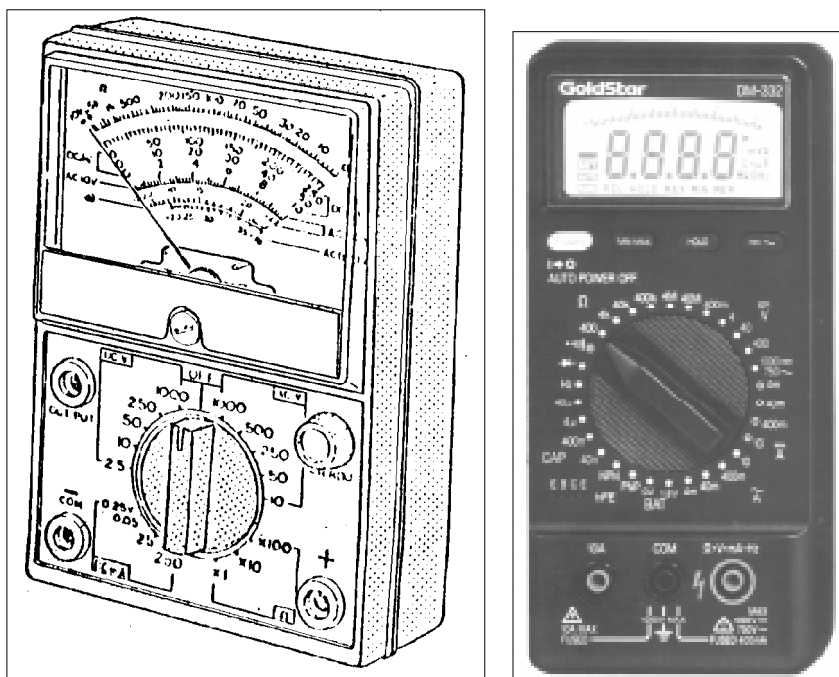
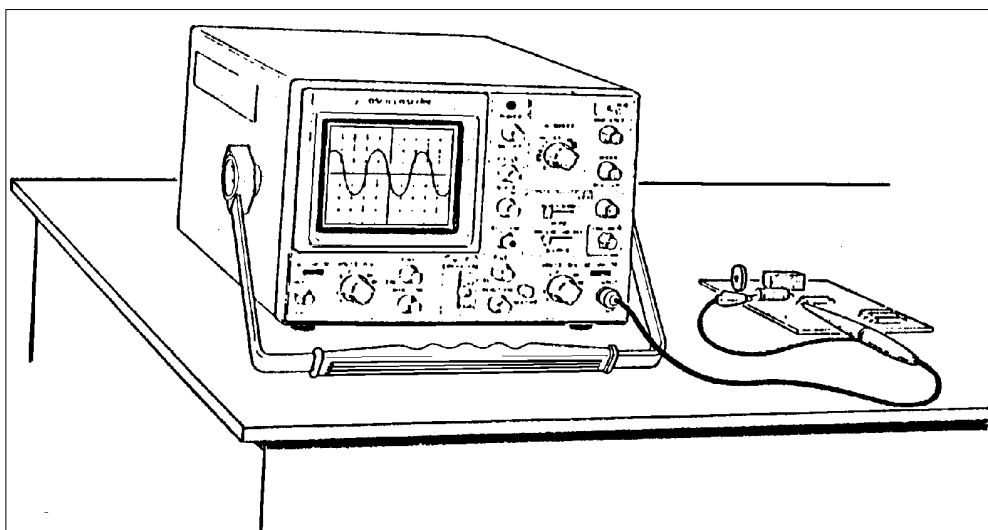
Corrente elétrica (I) – É o movimento ordenado dos elétrons no interior dos materiais submetidos a tensões elétricas. A corrente elétrica é medida em ampère (A). Sem tensão não há corrente, e sem corrente as máquinas elétricas param. A corrente elétrica pode ser contínua (CC) ou alternada (CA).

Resistência elétrica (R) – É a oposição à passagem de corrente elétrica que todo material oferece. Quanto mais resistência, menos corrente. Máquinas elétricas e componentes eletrônicos sempre apresentam uma resistência característica. A medida da resistência, cujo valor é expresso em ohm (Ω), é um indicador da funcionalidade das máquinas e de seus componentes.

Aparelhos elétricos

Os aparelhos elétricos mais utilizados na manutenção eletroeletrônica são: voltímetro, amperímetro, ohmímetro, multímetro e osciloscópio. Os aparelhos elétricos podem ser digitais ou dotados de ponteiros. Os dotados de ponteiros são chamados de analógicos.

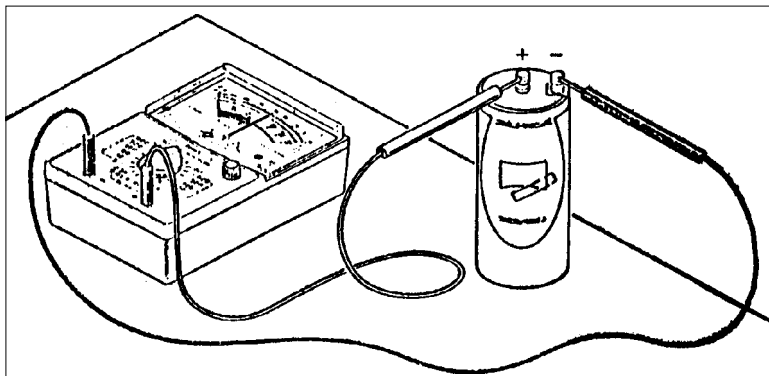
Voltímetro: é utilizado para medir a tensão elétrica tanto contínua (VC) quanto alternada (VA).

Amperímetro: é utilizado para medir a intensidade da corrente elétrica contínua (CC) e alternada (CA).

Ohmímetro: é utilizado para medir o valor da resistência elétrica.

Multímetro: serve para medir a tensão, a corrente e a resistência elétricas.

Osciloscópio: permite visualizar gráficos de tensões elétricas variáveis e determinar a freqüência de uma tensão alternada.

Medidas elétricas

Para se medir a tensão, a corrente e a resistência elétricas com o uso de aparelhos elétricos, devem ser tomadas as seguintes providências:

- escolher o aparelho com escala adequada;
- conectar os dois fios ao aparelho;
- conectar as duas pontas de prova (fios) em dois pontos distintos do objeto em análise.

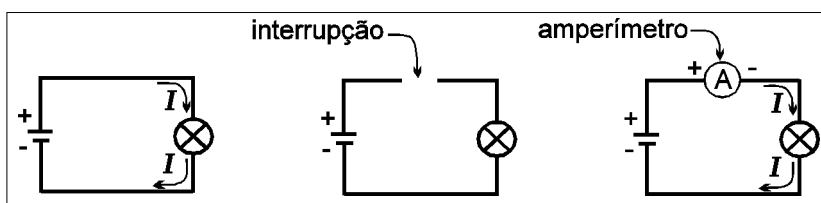
Medida de tensão

A medida de tensão elétrica é feita conectando as pontas de prova do aparelho aos dois pontos onde a tensão aparece. Por exemplo, para se medir a tensão elétrica de uma pilha com um multímetro, escolhe-se uma escala apropriada para medida de tensão contínua e conecta-se a ponta de prova positiva (geralmente vermelha) ao pólo positivo da pilha, e a ponta negativa (geralmente preta) ao pólo negativo.

Em multímetros digitais, o valor aparece direto no mostrador. Nos analógicos, deve-se observar o deslocamento do ponteiro sobre a escala graduada para se determinar o valor da tensão.

Nas medidas de tensão alternada, a polaridade das pontas de prova não se aplica.

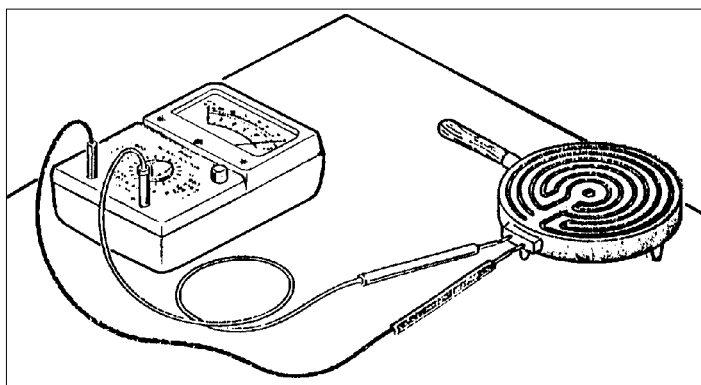
Medida de corrente

A corrente elétrica a ser medida deve passar através do aparelho. Para isso, interrompe-se o circuito cuja corrente deseja-se medir: o aparelho entra no circuito, por meio das duas pontas de prova, como se fosse uma ponte religando as partes interrompidas.

Em sistemas de corrente contínua, deve-se observar a polaridade das pontas de prova.

Em circuitos de alta corrente, muitas vezes é inconveniente e perigosa a interrupção do circuito para medições. Em casos assim, faz-se uma medição indireta, utilizando um modelo de amperímetro denominado "alicate", que abraça o condutor percorrido por corrente. O aparelho capta o campo eletromagnético existente ao redor do condutor e indica uma corrente proporcional à intensidade do campo.

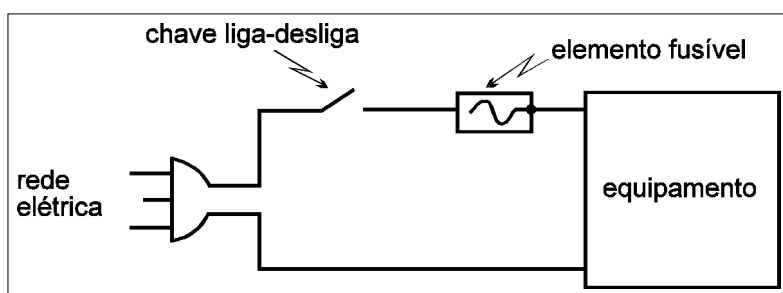
Medida de resistência

As medidas de resistência devem ser feitas, sempre, com o circuito desligado, para não danificar o aparelho. Conectam-se as pontas de prova do aparelho aos dois pontos onde se deseja medir a resistência.

O aparelho indica a resistência global do circuito, a partir daqueles dois pontos. Quando se deseja medir a resistência de um componente em particular, deve-se desconectá-lo do circuito.

Pane elétrica

Diante de uma pane elétrica, deve-se verificar primeiramente a alimentação elétrica, checando a tensão da rede e, depois, os fusíveis.

Os fusíveis são componentes elétricos que devem apresentar baixa resistência à passagem da corrente elétrica. Intercalados nos circuitos elétricos, eles possuem a missão de protegê-los contra as sobrecargas de corrente.

chave liga-desliga
elemento fusível
rede elétrica
equipamento

De fato, quando ocorre uma sobrecarga de corrente que ultrapassa o valor da corrente suportável por um fusível, este "queima", interrompendo o circuito.

Em vários modelos de fusível, uma simples olhada permite verificar suas condições. Em outros modelos é necessário medir a resistência.

Em todos os casos, ao conferir as condições de um fusível, deve-se desligar a máquina da rede elétrica.

Fusível "queimado" pode ser um sintoma de problema mais sério. Por isso, antes de simplesmente trocar um fusível, é bom verificar o que ocorreu com a máquina, perguntando, olhando, efetuando outras medições e, se necessário, pedir auxílio a um profissional especializado na parte elétrica.

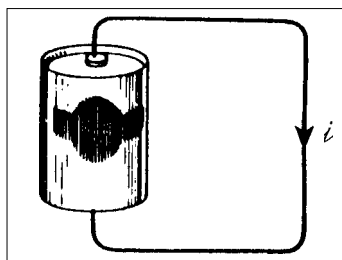
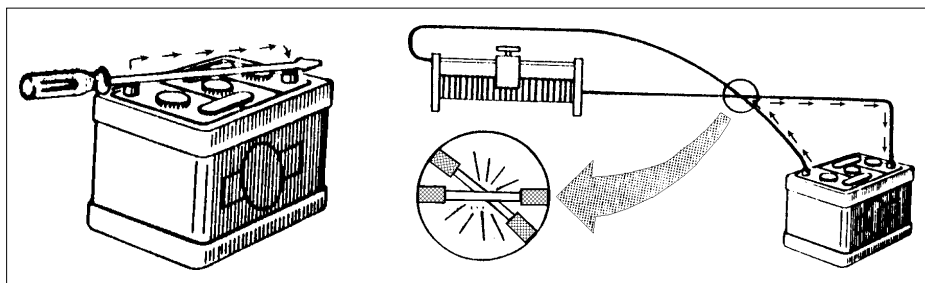
Resistência, aterramento e continuidade

Resistência de entrada

A resistência elétrica reflete o estado geral de um sistema.

Podemos medir a resistência geral de uma máquina simplesmente medindo a resistência a partir dos seus dois pontos de alimentação. Em máquinas de alimentação trifásica, mede-se a resistência entre cada duas fases por vez. Essa resistência geral é denominada de resistência de entrada da máquina.

Qual a resistência elétrica de entrada de uma máquina em bom estado? Esta pergunta não tem resposta direta. Depende da máquina, porém, duas coisas podem ser ditas.

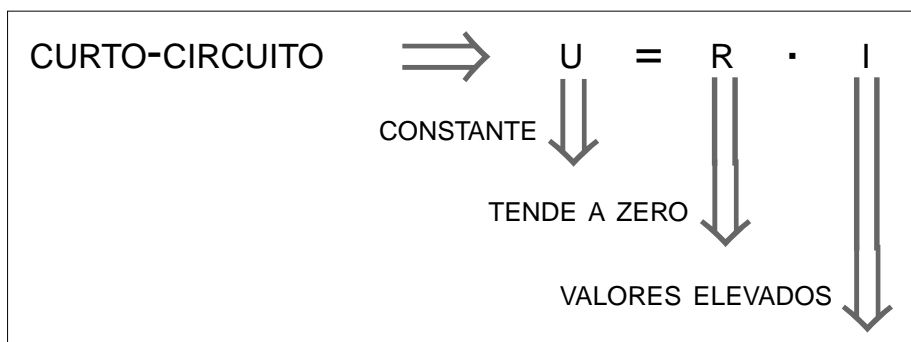
1. Se a resistência de entrada for zero, a máquina está em curto-circuito. Isto fatalmente levará à queima de fusível quando ligada. Assim, é natural que o curto-circuito seja removido antes de ligar a máquina. Para compreender o conceito de curto-circuito, observe a figura a seguir.

Podemos ver pela figura que a corrente elétrica sai por um dos terminais da fonte elétrica (pilha ou bateria), percorre um fio condutor de resistência elétrica desprezível e penetra pelo outro terminal, sem passar por nenhum aparelho ou instrumento. Quando isso ocorre, dizemos que há um curto-circuito. O mesmo se dá, por exemplo, quando os pólos de uma bateria são unidos por uma chave de fenda, ou quando dois fios energizados e desencapados se tocam.

Quando ocorre um curto-circuito, a resistência elétrica do trecho percorrido pela corrente é muito pequena, considerando que as resistências elétricas dos fios de ligação são praticamente desprezíveis. Assim, pela lei de Ohm, se U (tensão) é constante e R (resistência) tende a zero, necessariamente I (corrente) assume valores elevados. Essa corrente é a corrente de curto-circuito.

Resumindo:

CURTO-CIRCUITO $\Longrightarrow$ $U = R \cdot I$

U: CONSTANTE

R: TENDE A ZERO

I: VALORES ELEVADOS

Circuito em curto pode se aquecer exageradamente e dar início a um incêndio. Para evitar quer isso aconteça, os fusíveis do circuito devem estar em bom estado para que, tão logo a temperatura do trecho "em curto" aumente, o filamento do fusível funda e interrompa a passagem da corrente.

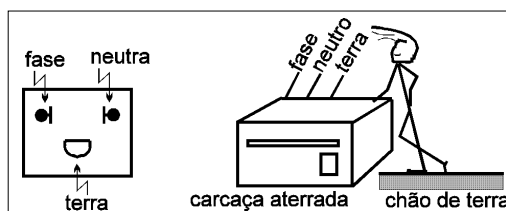
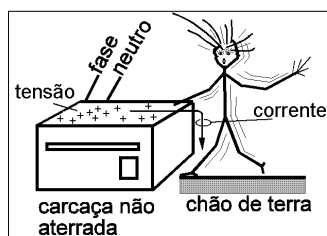
2. Se a resistência de entrada for muito grande, a máquina estará com o circuito de alimentação interrompido e não funcionará até que o defeito seja removido.

Vimos a importância da medida da resistência na entrada de alimentação elétrica. No caso em que a resistência for zero, podemos dizer ainda que a máquina está sem isolamento entre os pontos de alimentação. Sim, pois o termo curto-circuito significa que os dois pontos de medição estão ligados eletricamente, formando assim um caminho curto para passagem de corrente entre eles. Contudo, o teste de isolamento pode ser aplicado também em outras circunstâncias.

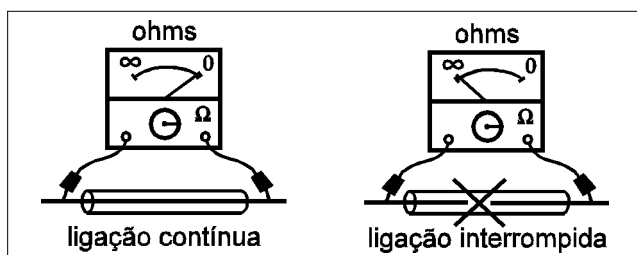
Aterramento

Instalações elétricas industriais costumam possuir os fios "fase", "neutro" e um fio chamado de "terra". Trata-se de um fio que de fato é ligado à terra por meio de uma barra de cobre em uma área especialmente preparada. O fio neutro origina-se de uma ligação à terra no poste da concessionária de energia elétrica. A resistência ideal entre neutro e terra deveria ser zero, já que o neutro também encontra-se ligado à terra; mas a resistência não é zero.

Até chegar às tomadas, o fio neutro percorre longos caminhos. Aparece uma resistência entre neutro e terra, que todavia não deve ultrapassar uns 3 ohms, sob pena de o equipamento não funcionar bem. Assim, um teste de resistência entre neutro e terra pode ser feito com ohmímetro, porém, sempre com a rede desligada.

O fio terra cumpre uma função de proteção nas instalações. As carcaças dos equipamentos devem, por norma, ser ligadas ao fio terra. Assim, a carcaça terá sempre um nível de tensão de zero volt comparado com o chão em que pisamos. Nesse caso, dizemos que a carcaça está aterrada, isto é, no mesmo nível elétrico que a terra.

Opostamente, uma carcaça desaterrada pode receber tensões elétricas acidentalmente (um fio desencapado no interior da máquina pode levar a isso) e machucar pessoas. Por exemplo, se alguém tocar na carcaça e estiver pisando no chão (terra), fica submetido a uma corrente elétrica (lembre-se de que a corrente circula sempre para o neutro, isto é, para a terra), levando um choque, que poderá ser fatal, dependendo da intensidade da corrente e do caminho que ela faz ao percorrer o corpo.

O isolamento entre a carcaça dos equipamentos e o terra pode ser verificada medindo-se o valor da resistência que deve ser zero. Nas residências, é sempre bom manter um sistema de aterramento para aparelhos como geladeiras, máquinas de lavar e principalmente chuveiros. Um chuveiro elétrico sem aterramento é uma verdadeira cadeira elétrica!

Continuidade

Outros problemas simples podem ser descobertos medindo a resistência dos elementos de um circuito. Por exemplo, por meio da medida da resistência, pode-se descobrir se há mau contato, se existe um fio quebrado ou se há pontos de oxidação nos elementos de um circuito. Resumindo, para saber se existe continuidade em uma ligação, basta medir a resistência entre suas pontas. Esse procedimento é recomendado sempre que se tratar de percursos não muito longos.

Exercícios

Exercício 1

Relacione a primeira coluna com a segunda.

Grandeza física	Aparelho
a) ( ) Tensão elétrica	**1.** Amperímetro
b) ( ) Corrente elétrica	**2.** Voltímetro
c) ( ) Resistência elétrica	**3.** Ohmímetro
	4. Osciloscópio

Exercício 2

Assinale verdadeiro (**V**) ou falso (**F**) para as afirmações.

a) ( ) Escolha de uma escala apropriada, uso de duas pontas de provas e conexão das pontas de prova a dois pontos distintos são etapas que aparecem nas três modalidades de medidas elétricas.

b) ( ) Em medida de tensão contínua, as pontas de prova do voltímetro devem ser ligadas aos pólos positivo e negativo da fonte de tensão observando-se a polaridade.

c) ( ) Em medida de corrente, o circuito deve ser desligado e interrompido, colocando-se o amperímetro de tal forma que a corrente o atravesse.

d) ( ) Ao se medir resistência de um circuito,ele deve estar desligado.

Assinale com X a alternativa correta.

Exercício 3

Os fusíveis “queimam” porque:

a) ( ) sempre apresentam defeitos de fabricação;

b) ( ) são atravessados por correntes acima do valor para os quais foram fabricados;

c) ( ) sofrem desgastes naturais;

d) ( ) sofrem aumentos súbitos de resistência elétrica;

e) ( ) possuem elevadas resistências.

Exercício 4

Em um curto-circuito:

a) ( ) a corrente é zero e a resistência é elevada;
b) ( ) a resistência é zero e a tensão é elevada.;
c) ( ) a resistência é alta e a corrente é elevada;
d) ( ) a resistência é zero e a corrente é elevada;
e) ( ) a tensão e a corrente são nulas.

Exercício 5

Em uma instalação elétrica com aterramento, o fio .... deve estar ligado à ....dos equipamentos. A tensão entre a carcaça e o terra, nesses casos, é .... volt.

A melhor seqüência de palavras que preenche corretamente as lacunas da afirmação é:

a) ( ) terra, carcaça, zero.
b) ( ) neutro, fonte, um.
c) ( ) fase, carcaça, zero.
d) ( ) terra, fonte, meio.
e) ( ) neutro, carcaça, zero.

Exercício 6

Quando falamos em continuidade de uma ligação elétrica, estamos querendo dizer que:

a) ( ) a medida da resistência elétrica de ponta a ponta na ligação é infinita;
b) ( ) a medida da resistência elétrica de ponta a ponta na ligação é zero;
c) ( ) visualmente a ligação é contínua;
d) ( ) somente corrente contínua pode circular pela ligação;
e) ( ) somente corrente alternada pode circular pela ligação.

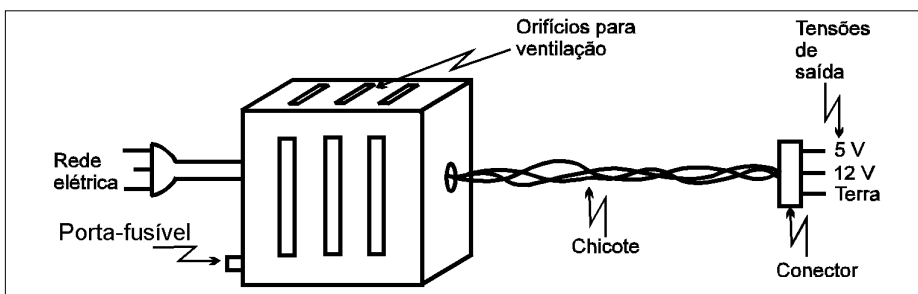
Manutenção eletroeletrônica II

Na linha de produção de uma empresa há uma máquina muito sofisticada. Certo dia essa máquina apresentou um defeito e parou. Imediatamente foi acionada a equipe de manutenção, que ao fazer uma análise geral na máquina, não constatou nenhum defeito mecânico, mas sim um provável defeito no sistema central eletrônico. Ao detectar o defeito, a equipe de manutenção tratou logo de encaminhar o problema a um especialista, informando-o sobre o local de defeito e as conseqüências dele.

Para que um mecânico de manutenção, bem qualificado, possa detectar defeitos como o relatado, é fundamental possuir noções sobre componentes eletrônicos que compõem o centro de comando de muitas máquinas.

Elementos eletrônicos serão o assunto desta aula.

Blocos eletrônicos

Blocos são conjuntos de circuitos eletrônicos e as máquinas que possuem eletrônica embutida, em geral, possuem esses blocos bem distintos. Em quase todas elas aparece um bloco chamado fonte. A fonte converte a tensão elétrica alternada da rede, em tensões apropriadas para o funcionamento dos outros blocos eletrônicos.

Se tivermos acesso à fonte, podemos medir as tensões que ela fornece diretamente no seu conector de saída. Nesse caso, procuramos o terra da fonte, que pode estar sinalizado, ou então medir as tensões em relação à carcaça do aparelho. A seguir comparamos os valores medidos com os especificados na própria fonte ou em sua documentação. Se houver diferenças nos valores, dois problemas podem estar ocorrendo: ou a fonte está com defeito ou ela não está suportando a ligação com os outros blocos.

Para saber se a fonte está com defeito, deve-se desconectá-la dos outros blocos e verificar se as diferenças persistem. Se a fonte não estiver suportando a ligação com os outros blocos, ao ser desconectada as tensões voltam ao normal. O defeito, em suma, pode estar na fonte como em algum dos blocos.

Placas de controle

São placas de fibra de vidro ou fenolite, nas quais se imprimem trilhas de material condutor, geralmente cobre, para ligação de circuitos. Os componentes eletrônicos, discretos e integrados, são soldados e ficam imóveis na placa. Alguns componentes podem ser colocados por meio de soquetes. As placas de controle podem estar soquetadas em gabinetes, armários etc., formando um módulo de controle.

Placas de controle funcionam com baixa tensão (3,3V, 5V, 12V tipicamente). Formam a parte "inteligente" de um ciclo realimentado com servomotores, por exemplo. Quando não vão bem, todo o sistema vai mal.

A manutenção das placas de controle começa com a verificação das tensões e das conexões. Maus contatos entre as placas e seus conectores são sanados facilmente, bastando retirar as placas e limpar seus pontos de contato com borracha de apagar lápis. Depois é só recolocá-las no lugar.

Se componentes soquetados apresentarem problemas, basta retirá-los dos soquetes, limpar seus terminais e recolocá-los novamente nos respectivos soquetes.

Placas de acionamento

São as placas que contêm os circuitos eletrônicos que vão trabalhar com correntes mais altas. Os componentes típicos nestas placas são:

Transistores: mais empregados em acionamentos com correntes contínua.
Tiristores (SCR, DIAC, TRIAC): usados em acionamentos com correntes contínua e alternada.
Circuitos integrados: são digitais ou analógicos, de baixa ou de alta potência.
Resistores de potência: são normalmente de tamanho grande.

As placas de acionamento podem estar soquetadas em gabinetes, armários etc., formando um módulo de acionamento.

A função das placas de acionamento é fornecer as formas de onda e os valores adequados de tensão para fazer as cargas funcionarem bem. Quando não operam adequadamente, as cargas apresentam alguma anormalidade: motores podem disparar, desandar, parar.

Um módulo de acionamento possui , pelo menos, três conexões:

- com a fonte;
- com as placas de controle;
- com as cargas e o sistema de sensoriamento, se houver.

As tensões de alimentação, bem como a continuidade das conexões de um módulo de acionamento, podem ser verificadas facilmente.

Motores elétricos

As máquinas elétricas responsáveis pelo movimento são os motores elétricos. Recebem energia elétrica e a convertem em energia mecânica que fica disponível em seu eixo.

Os motores elétricos, quanto à forma de corrente, classificam-se em:
- motores CC (que trabalham com corrente contínua);
- motores CA monofásicos (que trabalham com corrente alternada, alimentados por uma fase e neutro);
- motores CA trifásicos (que trabalham com corrente alternada, recebendo três fases);
- motores universais para correntes contínua e alternada.

Quanto ao movimento, os motores elétricos classificam-se em:
- motores síncronos (com velocidade proporcional à freqüência da rede);
- motores assíncronos (com velocidade variável de acordo com a carga movimentada);
- motores de passos (de corrente contínua, que gira um passo a cada troca correta nas correntes em seus enrolamentos estatores);
- servo-motores (com sensoriamento acoplado ao eixo).

Em geral, todo motor elétrico possui um rotor (elemento girante) e um estator (elemento estático). A corrente elétrica é aplicada aos enrolamentos do estator e flui também nos enrolamentos do rotor, exceto nos motores de passos cujos estatores não possuem enrolamento.

Antes de qualquer ação de manutenção em um motor, deve-se verificar o tipo de corrente que o alimenta e como se dá seu movimento.

Podemos verificar as ligações entre os módulos de acionamento e medir as tensões de alimentação. A verificação do movimento do motor, se possível, deve ser feita com carga e sem carga.

Sensoriamento

Os sistemas eletrônicos controlados possuem elementos sensores. Os principais são:
- de contato;
- de proximidade;
- de carga;
- de temperatura;
- fotossensores;
- *encoders;*
- *resolvers*.

Encoders e *resolvers* são usados em servo-motores.

O mau funcionamento de um sensor leva a falhas de acionamento. Pense num sistema com sensor de contato para indicar o fim de curso de um pistão hidraúlico. Ora, se o sensor estiver com defeito, simplesmente o curso do pistão não é detectado, e uma seqüência programada pode ser interrompida.

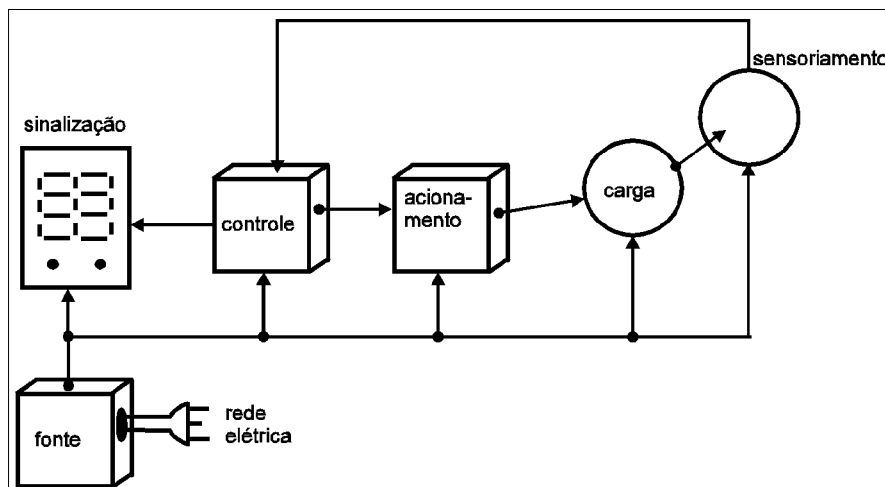
Imagine um *encoder* que auxilie no controle de velocidade de um servo-motor. Ora, se o *encoder* não fornecer os sinais eletrônicos proporcionais à velocidade do motor, este pode disparar, parar, trabalhar descontroladamente etc.

Em manutenção, as ligações elétricas entre os sensores e os demais dispositivos podem ser verificadas. Ensaios de simulação com sensores podem ser executados. Por exemplo, consideremos um fotossensor que capta a passagem de peças por uma esteira. Podemos efetuar uma simulação, introduzindo um objeto na esteira, e verificar a resposta elétrica medindo a tensão nos terminais do fotossensor diante dessa simulação. Isto é possível de ser feito porque todo sensor eletroeletrônico fornece uma variação de tensão a partir de um estímulo externo por ele reconhecido.

Sinalização

São módulos que procuram fornecer sinais úteis para o operador do equipamento ou mesmo para quem vai fazer a manutenção. Os sinais normalmente são luminosos ou sonoros.

Diversos equipamentos eletrônicos possuem programas internos de autodiagnóstico. Quando uma falha é detectada, o sistema informa, podendo também dar indicações de possíveis causas, como apontar a placa defeituosa.

Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) possuem LEDs que indicam o estado das saídas (ligada/desligada). Tudo isso fornece boas pistas do que se passa com um sistema.

Ações preventivas

Limpeza e contatos de qualidade são essenciais na prevenção de defeitos de componentes eletroeletrônicos.

Os sistemas devem estar o mais possível livres de poeira, cavacos, fumaça e outros poluentes.

Os terminais metálicos dos fios, cabos ou conectores de ligação entre os módulos devem estar livres de oxidação.

Fios, cabos e chicotes que de qualquer maneira se movimentam na máquina ou no sistema, devem ser revisados periodicamente, pois a continuidade da operação pode ser interrompida por causa da fadiga que o material condutor sofre com o tempo.

Em casos em que o problema seja crítico, as soldas dos componentes também podem ser revistas.

Do campo para a bancada

Até aqui, vimos algumas coisas que podem ser feitas no "chão da fábrica", ao "pé da máquina" em termos de manutenção eletroeletrônica.

Quando se constata defeito em um módulo, o melhor a fazer é substituí-lo por outro em bom estado. O módulo defeituoso deve ser levado para um laboratório, com os equipamentos necessários para o conserto.

Os módulos eletrônicos são reparados de duas maneiras. Primeiro, pode-se medir as resistências elétricas de componentes suspeitos, comparar com os valores de um módulo bom e substituir os defeituosos. Tudo isso, com o módulo desligado.

O segundo caminho consiste em ligar a alimentação e, de posse de esquemas elétricos do módulo - aqui se requer um conhecimento mais profundo de eletrônica -, acompanhar as tensões elétricas ao longo dos circuitos até descobrir o(s) componente(s) causador(es) do defeito.

Neste caso, é útil ter o que se chama de "giga de testes", que é um aparelho capaz de simular todo o sistema ao qual se conecta o módulo defeituoso.

No laboratório, além daqueles instrumentos de medidas elétricas indicados no início da aula, outros aparelhos e ferramentas são necessários, tais como:

- ferros de solda;
- dessoldadores;
- alicates de bico;
- alicates de corte;
- pinças para eletrônica;
- isolantes.

Além das "gigas", outros equipamentos eletrônicos, tais como geradores de sinais eletrônicos, analisadores de sinais e computadores, aparecem nos laboratórios, dependendo da complexidade dos circuitos a reparar.

Exercícios

Assinale com X a alternativa.

Exercício 1

As seguintes afirmações são feitas a respeito de um sistema eletrônico:
A fonte de tensão fornece 8 volts quando deveria estar fornecendo 12 volts.
A placa de controle recebe os 8 volts da fonte e não funciona adequadamente.
Quando desligada da placa de controle, a fonte consegue fornecer 12 volts.

Analisando essas afirmações, pode-se concluir que:

a) ( ) a fonte está com defeito;
b) ( ) a placa de controle está com defeito;
c) ( ) tanto a fonte quanto a placa encontram-se em bom estado, apenas não funcionam quando ligadas uma à outra;
d) ( ) todas as ligações foram feitas de modo incorreto;
e) ( ) tanto a fonte como a placa podem estar com defeitos.

Exercício 2

O que deve ser feito ao se constatar o defeito em um módulo?

a) ( ) substituir por um bom e jogar fora o danificado;
b) ( ) recuperar o módulo danificado na própria máquina;
c) ( ) substituir por um bom e levar o danificado para o laboratório;
d) ( ) levar o módulo danificado para o laboratório;
e) ( ) fazer um estoque de módulos iguais.

Exercício 3

Por meio do que os controladores lógicos programáveis (CLPs) fornecem pistas do que se passa com o sistema?

a) ( ) das contactoras;
b) ( ) da temperatura;
c) ( ) dos transistores;
d) ( ) dos LEDs;
e) ( ) do TRIAC.

Exercício 4

Quais as palavras que devem orientar as manutenções preventivas de componentes eletroeletrônicos?

Análise de falhas em máquinas

As origens de falhas das máquinas estão nos danos sofridos pelas peças componentes.

A máquina nunca quebra totalmente de uma só vez, mas pára de trabalhar quando alguma parte vital de seu conjunto se danifica.

A parte vital pode estar no interior da máquina, no mecanismo de transmissão, no comando ou nos controles. Pode, também, estar no exterior, em partes rodantes ou em acessórios. Por exemplo, um pneu é uma parte rodante vital para que um caminhão funcione, assim como um radiador é um acessório vital para o bom funcionamento de um motor.

Origem dos danos

A origem dos danos pode ser assim agrupada:

Erros de especificação ou de projeto – A máquina ou alguns de seus componentes não correspondem às necessidades de serviço. Nesse caso os problemas, com certeza, estarão nos seguintes fatores: dimensões, rotações, marchas, materiais, tratamentos térmicos, ajustes, acabamentos superficiais ou, ainda, em desenhos errados.

Falhas de fabricação – A máquina, com componentes falhos, não foi montada corretamente. Nessa situação pode ocorrer o aparecimento de trincas, inclusões, concentração de tensões, contatos imperfeitos, folgas exageradas ou insuficientes, empeno ou exposição de peças a tensões não previstas no projeto.

Instalação imprópria – Trata-se de desalinhamento dos eixos entre o motor e a máquina acionada. Os desalinhamentos surgem devido aos seguintes fatores:

- fundação (local de assentamento da máquina) sujeita a vibrações;
- sobrecargas;
- trincas;
- corrosão.

Manutenção imprópria – Trata-se da perda de ajustes e da eficiência da máquina em razão dos seguintes fatores:

- sujeira;
- falta momentânea ou constante de lubrificação;
- lubrificação imprópria que resulta em ruptura do filme ou em sua decomposição;
- superaquecimento por causa do excesso ou insuficiência da viscosidade do lubrificante;
- falta de reapertos;
- falhas de controle de vibrações.

Operação imprópria – Trata-se de sobrecarga, choques e vibrações que acabam rompendo o componente mais fraco da máquina. Esse rompimento, geralmente, provoca danos em outros componentes ou peças da máquina.

Salientemos que não estão sendo consideradas medidas preventivas a respeito de projetos ou desenhos, mas das falhas originadas nos erros de especificação, de fabricação, de instalação, de manutenção e de operação que podem ser minimizados com um controle melhor.

As falhas são inevitáveis quando aparecem por causa do trabalho executado pela máquina. Nesse aspecto, a manutenção restringe-se à observação do progresso do dano para que se possa substituir a peça no momento mais adequado. É assim que se procede, por exemplo, com os dentes de uma escavadeira que vão se desgastando com o tempo de uso.

Análise de danos e defeitos

A análise de danos e defeitos de peças tem duas finalidades:

a) apurar a razão da falha, para que sejam tomadas medidas objetivando a eliminação de sua repetição;

b) alertar o usuário a respeito do que poderá ocorrer se a máquina for usada ou conservada inadequadamente.

Para que a análise possa ser bem-feita, não basta examinar a peça que acusa a presença de falhas.

É preciso, de fato, fazer um levantamento de como a falha ocorreu, quais os sintomas, se a falha já aconteceu em outra ocasião, quanto tempo a máquina trabalhou desde sua aquisição, quando foi realizada a última reforma, quais os reparos já feitos na máquina, em quais condições de serviço ocorreu a falha, quais foram os serviços executados anteriormente, quem era o operador da máquina e por quanto tempo ele a operou.

Enfim, o levantamento deverá ser o mais minucioso possível para que a causa da ocorrência fique perfeitamente determinada.

Evidentemente, uma observação pessoal das condições gerais da máquina e um exame do seu dossiê (arquivo ou pasta) são duas medidas que não podem ser negligenciadas.

O passo seguinte é diagnosticar o defeito e determinar sua localização, bem como decidir sobre a necessidade de desmontagem da máquina.

A desmontagem completa deve ser evitada, porque é cara e demorada, além de comprometer a produção, porém, às vezes, ela é inevitável. É o caso típico do dano causado pelo desprendimento de limalhas que se espalham pelo circuito interno de lubrificação ou pelo circuito hidráulico de uma máquina.

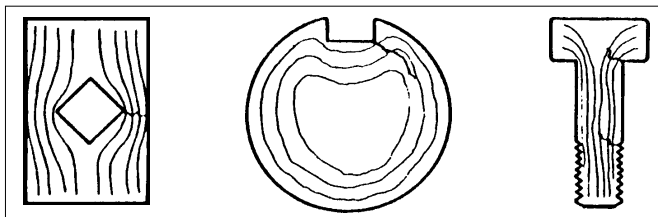
Após a localização do defeito e a determinação da desmontagem, o responsável pela manutenção deverá colocar na bancada as peças interligadas, na posição de funcionamento. Na hora da montagem não podem faltar ou sobrar peças!

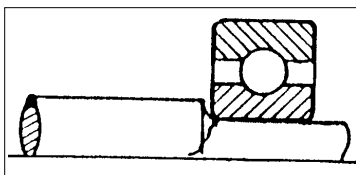
As peças não devem ser limpas na fase preliminar e sim na fase do exame final. A limpeza deverá ser feita pelo próprio analisador, para que não se destruam vestígios que podem ser importantes. Após a limpeza, as peças devem ser etiquetadas para facilitar na identificação e na seqüência de montagem da máquina.

Características gerais dos danos e defeitos

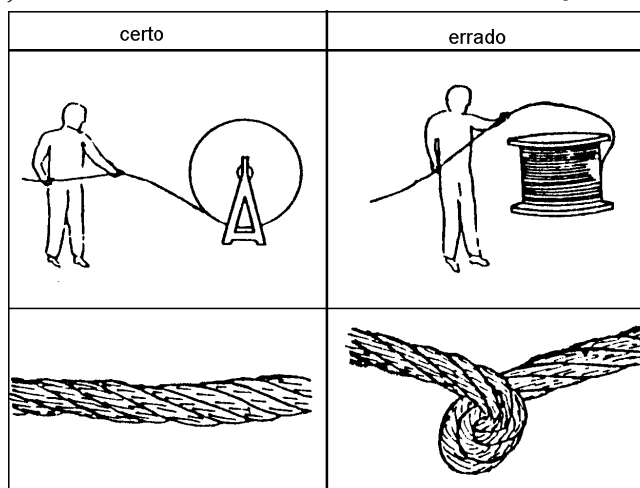
Os danos e defeitos de peças, geralmente, residem nos chamados intensificadores de tensão, e estes são causados por erro de projeto ou especificações. Se os intensificadores de tensão residem no erro de projeto, a forma da peça é o ponto crítico a ser examinado, porém, se os intensificadores de tensão residem nas especificações, estas são as que influirão na estrutura interna das peças.

O erro mais freqüente na forma da peça é a ocorrência de **cantos vivos**.

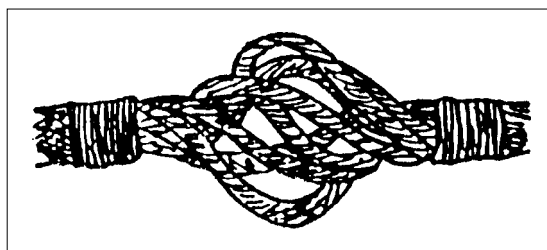
As figuras mostram linhas de tensão em peças com cantos vivos. Com cantos vivos, as linhas de tensão podem se romper facilmente.

Quando ocorre mudança brusca de seção em uma peça, os efeitos são praticamente iguais aos provocados por cantos vivos.

Por outro lado, se os cantos forem excessivamente suaves, um único caso é prejudicial. Trata-se do caso do excesso de raio de uma peça em contato com outra. Por exemplo, na figura abaixo, a tensão provocada pelo canto de um eixo rolante, com excesso de raio, dará início a uma trinca que se propagará em toda sua volta.

Cabos de aço

Os cabos de aço, ao serem instalados, não devem apresentar nós nem ser atritados na lateral de polias - por onde passarão - e muito menos no solo. Nós e atritos indesejados diminuem a vida útil dos cabos de aço.

certo	errado

Quando em serviço, os cabos de aço podem apresentar os seguintes defeitos: rompimento, "gaiola de passarinho", amassamento, quebras de fios externos e ondulações.

Cabo rompido – Em caso de rompimento de um cabo novo ou seminovo e o cabo mantendo-se reto, a causa provável é o excesso de carga ou choque.

"Gaiola de passarinho" – É provocada pelo choque de alívio de tensão, ou seja, quando a tensão, provavelmente excessiva, é aliviada instantaneamente. Nesse caso, o operador deverá ser treinado para operar com cabos de aço. A figura seguinte mostra o fenômeno da "gaiola de passarinho".

Cabo amassado – O fenômeno ocorre devido ao cruzamento de cabos sobre o tambor ou da subida deles sobre a quina da canaleta das polias. O problema é evitado mantendo o cabo esticado, de forma tal que ele tenha um enrolamento perfeito no tambor.

Quebra de fios externos – Esse fenômeno ocorre em razão das seguintes causas:

- diâmetro da polia ou tambor excessivamente pequenos;
- corrosão;
- abrasão desuniforme;
- excesso de tempo de trabalho do cabo.

As causas de quebra de fios externos devem ser eliminadas. Para evitar a corrosão de cabos de aço, estes deverão ser lubrificados e, no caso de cabos que já atingiram o limite de vida útil, devem ser substituídos por novos. Se o problema for incompatibilidade entre o diâmetro da polia ou do tambor com o diâmetro do cabo, deve-se trocar ou o cabo, ou a polia, ou o tambor.

A figura abaixo mostra um cabo de aço com fios externos quebrados.

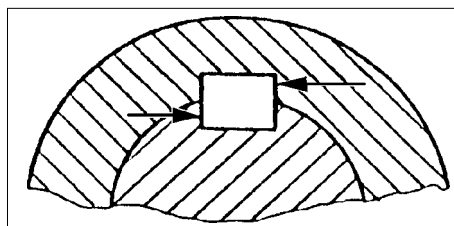
Ondulação - Trata-se de deslizamento de uma ou mais pernas por causa da fixação imprópria ou do rompimento da alma do cabo de aço. Nesse caso a fixação deverá ser corrigida.

Chavetas

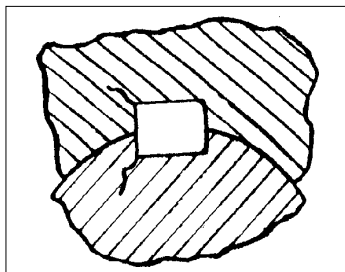
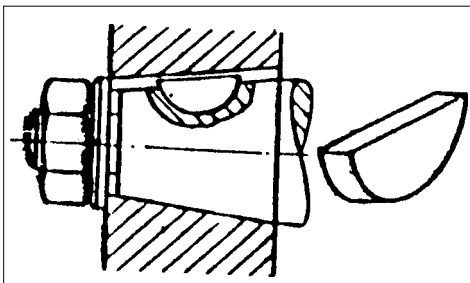
Chavetas são usadas para fixar elementos dos mecanismos sobre eixos. Suas dimensões são, usualmente, mais do que suficientes para a transmissão de forças existentes nas máquinas.

Na substituição de chavetas, é preciso considerar o acabamento superficial, bem como o ajuste e o arredondamento dos cantos para evitar atrito excessivo.

Os canais de chaveta devem estar em boas condições, principalmente quanto à perpendicularidade, pois além dos esforços de cisalhamento, as chavetas sofrem torção. O esforço de torção tende a virar as chavetas em suas sedes.

A figura abaixo mostra forças de cisalhamento atuando em uma chaveta.

Para evitar o efeito de cunha que poderia partir o cubo do elemento colocado no eixo, a chaveta exige um perfeito ajuste no sentido lateral e vertical.

Outro ponto a observar é o acabamento dos cantos, que devem apresentar o chanfro ou o raio reto um pouco maior do que os cantos do rasgo, para evitar o surgimento de fissuras e trincas.

A figura seguinte mostra essa falha.

Em condições favoráveis, pode-se trocar uma chaveta paralela por uma do tipo meia-lua. A chaveta tipo meia-lua praticamente elimina problemas com torção, especialmente se o eixo na qual ela irá atuar for temperado.

Molas

Uma mola devidamente especificada durará muito tempo. Em caso de abuso, apresentará os seguintes danos:

Quebra – Causada por excesso de flexão ou de torção. Recomenda-se aplicar um coxim ou encosto no fim do curso previsto da mola. Essa medida fará com que a mola dure mais tempo sem se quebrar.

Flambagem – Ocorre em molas helicoidais longas, por falta de guias. A flambagem pode ser corrigida por meio da verificação do esquadro de apoios.

Recomenda-se aplicar guia interno ou externo, devidamente lubrificado.

Amolecimento – Causado por superaquecimento presente no ambiente ou por esforço de flexão. Recomenda-se diminuir a freqüência ou curso de flexões. Recomenda-se, também, aplicar uma mola dupla com seção menor.

Recomendações finais a respeito de molas

- Evitar a sobrecarga da mola. Ela foi especificada para uma solicitação determinada, não devendo ser submetida a um esforço maior que o previsto.
- Impedir a flambagem. Se a mola helicoidal comprimida envergar no sentido lateral, providenciar uma guia.
- Evitar o desgaste não uniforme das pontas, pois isto criaria um esforço adicional não previsto.
- Testar as molas nas revisões periódicas da máquina e trocar as molas que estiverem enfraquecidas.
- Evitar as tentativas de consertar a mola quebrada, esticando-a, por exemplo. A tentativa será inútil. Somente em caso de quebra das pontas de molas muito pesadas é possível o conserto. Nesse caso, soldam-se as pontas quebradas com eletrodo rico em cromo.
- As molas helicoidais podem ser enroladas a frio, desde que o arame de aço não ultrapasse 13 mm de diâmetro.

Exercícios

Assinale com X a alternativa correta.

Exercício 1

Erros de especificação, falhas de fabricação, instalação imprópria, manutenção imprópria e operação imprópria são fatores que dão origem:

a) ( ) aos danos;
b) ( ) às trincas, nas chavetas;
c) ( ) às fendas, nos eixos;
d) ( ) à elasticidade natural das molas;
e) ( ) às rupturas exclusivas dos cabos de aço.

Exercício 2

É um exemplo de intensificador de tensão:

a) ( ) uma chaveta lubrificada;
b) ( ) os cantos vivos em eixos;
c) ( ) um cabo de aço enrolado e solto no solo;
d) ( ) um furo redondo em um bloco;
e) ( ) uma mola helicoidal corretamente aplicada.

Exercício 3

Pode-se evitar o surgimento da "gaiola de passarinho" em um cabo de aço quando:

a) ( ) ele for protegido com óleo;
b) ( ) suas guias forem esféricas;
c) ( ) a fixação do seu cabo for corrigida;
d) ( ) o operador receber treinamento adequado para seu manuseio;
e) ( ) estiver constantemente tracionado.

Exercício 4

Uma mola pesada, com pontas quebradas, pode ser consertada usando solda elétrica, desde que o eletrodo tenha um alto teor de:

a) ( ) silício;
b) ( ) cromo;
c) ( ) estanho;
d) ( ) prata;
e) ( ) bronze.

Exercício 5

A flambagem ocorre em molas helicoidais, por falta de guia. Nesse caso, as molas helicoidais são:

a) ( ) de diâmetro superior a 13 mm;
b) ( ) curtas;
c) ( ) praticamente sem elasticidade;
d) ( ) sempre soldáveis;
e) ( ) longas.

Exercício 6

A aplicação de uma mola dupla com seção menor é sempre recomendável para evitar:

a) ( ) o nó;
b) ( ) o amassamento;
c) ( ) a flambagem;
d) ( ) o amolecimento;
e) ( ) o aquecimento.

AULA

14

Uso de ferramentas

Um aprendiz de mecânico de manutenção verificou que uma máquina havia parado porque um parafuso com sextavado interno estava solto. Era preciso fixá-lo novamente para pôr a máquina em funcionamento.

Munido de uma chave de fenda, o aprendiz de mecânico de manutenção tentou, de todos os modos, fixar o parafuso. Não conseguiu.

Um colega mais experiente, vendo a aflição do aprendiz, perguntou:
– Que tipo de parafuso é preciso fixar?
– É um parafuso com sextavado interno – respondeu o aprendiz.
– Então, meu amigo – disse o colega –, você precisa usar uma chave Allen.
– Chave Allen? Qual? – perguntou o aprendiz.
– Esta aqui – respondeu o amigo, mostrando-a.

O aprendiz percebeu que tinha muito o que aprender a respeito do uso de ferramentas, que é o assunto desta aula.

Ferramentas de aperto e desaperto

Em manutenção mecânica, é comum se usar ferramentas de aperto e desaperto em parafusos e porcas.

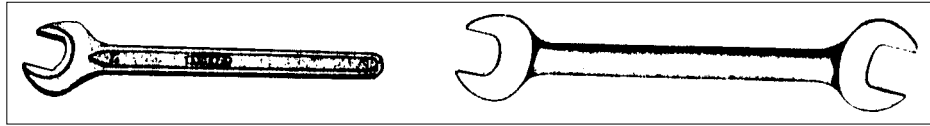
Para cada tipo de parafuso e de porca, há uma correspondente chave adequada às necessidades do trabalho a ser realizado. Isto ocorre porque tanto as chaves quanto as porcas e os parafusos são fabricados dentro de normas padronizadas mundialmente.

Pois bem, para assegurar o contato máximo entre as faces da porca e as faces dos mordentes das chaves de aperto e desaperto, estas deverão ser introduzidas a fundo e perpendicularmente ao eixo do parafuso ou rosca.

No caso de parafusos ou porcas com diâmetros nominais de até 16 mm, a ação de uma única mão na extremidade do cabo da chave é suficiente para o travamento necessário. Não se deve usar prolongadores para melhorar a fixação, pois essa medida poderá contribuir para a quebra da chave ou rompimento do parafuso.

Vejamos, agora, as principais ferramentas de aperto e desaperto utilizadas na manutenção mecânica envolvendo parafusos, porcas, tubos e canos.

Chave fixa

A chave fixa, também conhecida pelo nome de chave de boca fixa, é utilizada para apertar ou afrouxar porcas e parafusos de perfil quadrado ou sextavado. Pode apresentar uma ou duas bocas com medidas expressas em milímetros ou polegadas. As figuras a seguir mostram uma chave fixa com uma boca e uma chave fixa com duas bocas.

Chave estrela

Esta ferramenta tem o mesmo campo de aplicação da chave de boca fixa, porém diversifica-se em termos de modelos, cada qual para um uso específico. Por ser totalmente fechada, abraça de maneira mais segura o parafuso ou porca.

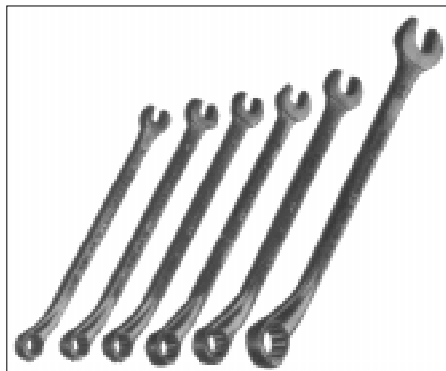
chave estrela 45º

chave estrela aberta

chave estrela 15º

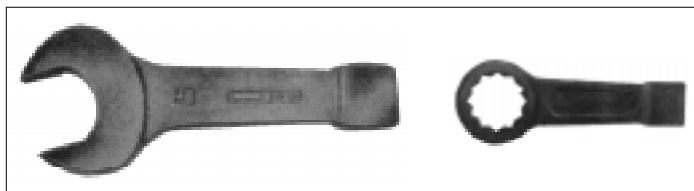
chave estrela para motor de arranque

Chave combinada

A chave combinada também recebe o nome de chave de boca combinada. Sua aplicação envolve trabalhos com porcas e parafusos, sextavados ou quadrados. A chave combinada é extremamente prática, pois possui em uma das extremidades uma boca fixa, e na outra extremidade uma boca estrela. A vantagem desse tipo de chave é facilitar o trabalho, porque se uma das bocas não puder ser utilizada em parafusos ou porcas de difícil acesso, a outra boca poderá resolver o problema. A seguir mostramos um jogo de chaves combinadas.

Chaves fixas, chaves estrela e chaves combinadas não devem ser batidas com martelos. Se martelarmos essas chaves, o risco de quebrá-las é alto.

Se houver necessidade de martelar uma chave de aperto e desaperto para retirar um parafuso ou uma porca de um alojamento, deve-se usar as chamadas chaves de bater, que são apropriadas para receber impactos.

Chaves de bater

Há dois tipos de chaves de bater: a chave fixa de bater e a chave estrela de bater. As chaves fixa de bater e estrela de bater são ferramentas indicadas para trabalhos pesados. Possuem em uma de suas extremidades reforço para receber impactos de martelos ou marretas, conforme seu tamanho.

Chave soquete

Dentro da linha de ferramentas mecânicas, este tipo é o mais amplo e versátil, em virtude da gama de acessórios oferecidos, que tornam a ferramenta prática. Os soquetes podem apresentar o perfil sextavado ou estriado e adaptam-se facilmente em catracas, manivelas, juntas universais etc., pertencentes à categoria de acessórios.

Dentro da categoria de soquetes, há os de impacto que possuem boca sextavada, oitavada, quadrada e tangencial, com ou sem ímã embutido. Esses soquetes são utilizados em parafusadeiras, em chaves de impacto elétricas ou pneumáticas, pois apresentam paredes reforçadas. Os soquetes de impacto apresentam concentricidade perfeita, o que reduz ao mínimo as vibrações provocadas pela alta rotação das máquinas onde são acoplados.

Os soquetes comuns não devem ser utilizados em máquinas elétricas ou pneumáticas, pois não resistem às altas velocidades e aos esforços tangenciais provocados pelas máquinas em rotação.

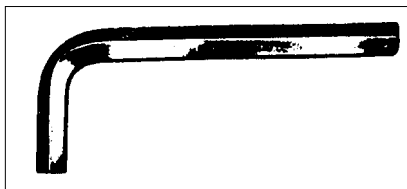
A chave soquete, pela sua versatilidade, permite alcançar parafusos e porcas em locais onde outros tipos de chaves não chegam.

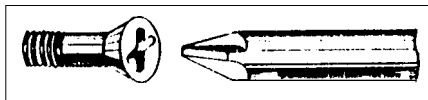
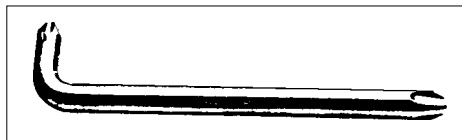
A seguir, alguns soquetes e acessórios que, devidamente acoplados, resultam em chaves soquete.

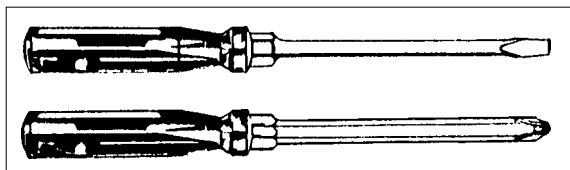
Chave Allen

A chave Allen, também conhecida pelo nome de chave hexagonal ou sextavada, é utilizada para fixar ou soltar parafusos com sextavados internos.

O tipo de chave Allen mais conhecido apresenta o perfil do corpo em L, o que possibilita o efeito de alavanca durante o aperto ou desaperto de parafusos.

Antes de usar uma chave Allen, deve-se verificar se o sextavado interno do parafuso encontra-se isento de tinta ou sujeira. Tinta e sujeira impedem o encaixe perfeito da chave e podem causar acidentes em quem estiver manuseando.

Chave de fenda Phillips

A extremidade da haste, oposta ao cabo, nesse modelo de chave, tem a forma em cruz. Esse formato é ideal para os parafusos Phillips que apresentam fendas cruzadas.

Há também no mercado a chave Phillips angular dupla, conforme figura abaixo.

Chave de fenda com sextavado

É uma ferramenta utilizada em mecânica para apertar e soltar parafusos grandes quando se exige o emprego de muita força. Com o sextavado na haste, o operador pode, usando uma chave de boca fixa, aumentar o torque da ferramenta sem precisar de maior esforço. Esse modelo também é encontrado com a fenda cruzada (modelo Phillips).

Tanto as chaves de fenda Phillips quanto as chaves de fenda com sextavado não devem ser utilizadas como talhadeiras ou alavancas.

Chaves para canos e tubos

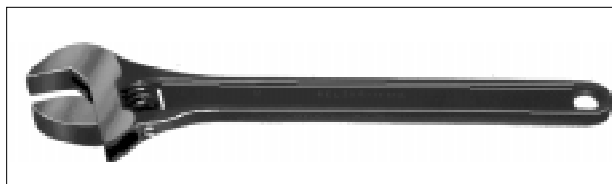
A chave para canos é também conhecida pelos seguintes nomes: chave grifo e chave Stillson. É uma ferramenta específica para instalação e manutenção hidráulica. Sendo regulável, a chave para canos é uma ferramenta versátil e de fácil manuseio.

A chave para tubos, também conhecida pelo nome de “Heavy-Duty”, é semelhante à chave para canos, porém mais pesada. Presta-se a serviços pesados.

A seguir um modelo de chave para canos e um modelo de chave para tubos.

Tanto a chave para canos quanto a chave para tubos não devem ser usadas para apertar ou soltar porcas.

Chave de boca ajustável

Esta ferramenta tem uma aplicação universal. É muito utilizada na mecânica, em trabalhos domésticos e em serviços como montagem de torres e postes de eletrificação, e elementos de fixação roscados. A chave de boca ajustável não deve receber marteladas e nem prolongador no cabo para aumentar o torque.

No universo mecânico há muitas outras chaves de aperto e desaperto, e mais detalhes poderão ser encontrados nos catálogos dos fabricantes.

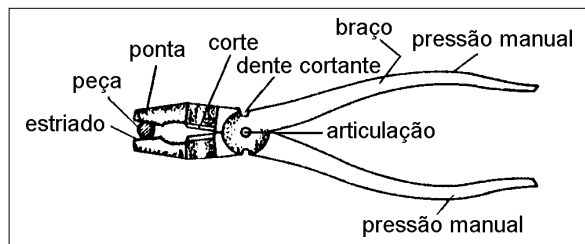
Vejamos, agora, uma outra família de ferramentas muito empregadas em trabalhos mecânicos: os alicates.

Alicate pode ser definido como uma ferramenta de aço forjado composta de dois braços e um pino de articulação. Em uma das extremidades de cada braço existem garras, cortes e pontas que servem para segurar, cortar, dobrar, colocar e retirar peças de determinadas montagens.

Existem vários modelos de alicate, cada um adequado a um tipo de trabalho.

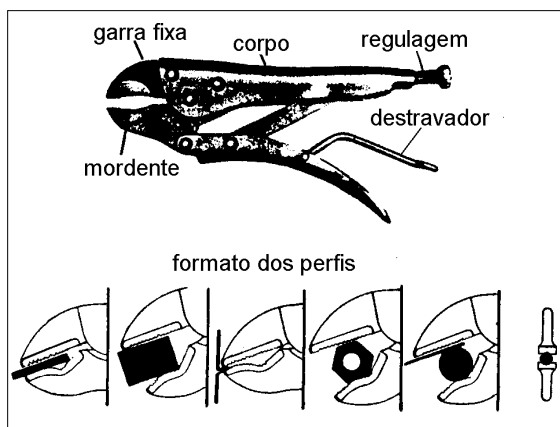
Alicate universal

É o modelo mais conhecido e usado de toda família de alicates. Os tipos existentes no mercado variam principalmente no acabamento e formato da cabeça. Os braços podem ser plastificados ou não. Quanto ao acabamento, esse alicate pode ser oxidado, cromado, polido ou simplesmente lixado.

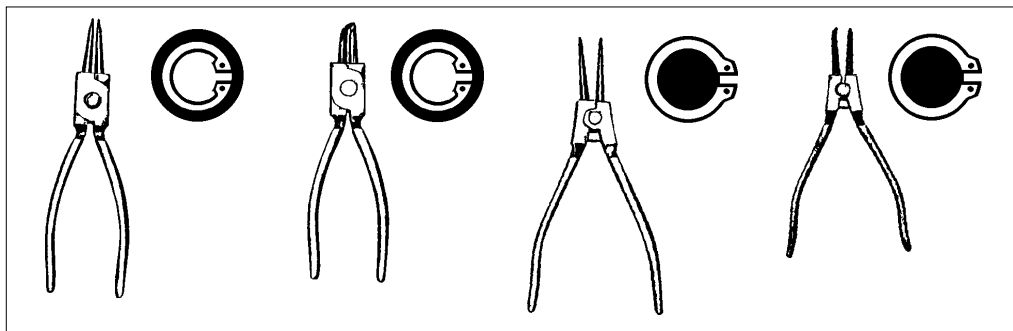
Quanto à resistência mecânica, o alicate universal pode ser temperado ou não. Quanto ao comprimento, as medidas de mercado variam de 150 mm a 255 mm.

O alicate universal é utilizado para segurar, cortar e dobrar.

Alicate de pressão

É uma ferramenta manual destinada a segurar, puxar, dobrar e girar objetos de formatos variados. Em trabalhos leves, tem a função de uma morsa. Possui regulagem de abertura das garras e variação no tipo de mordente, segundo o fabricante.

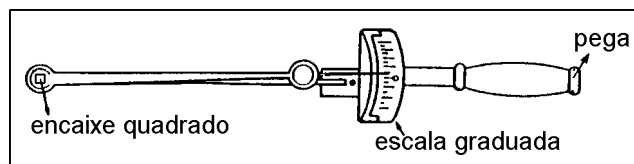
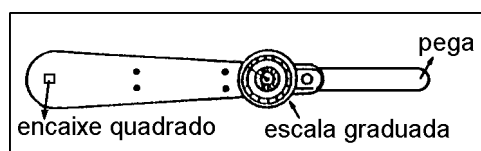
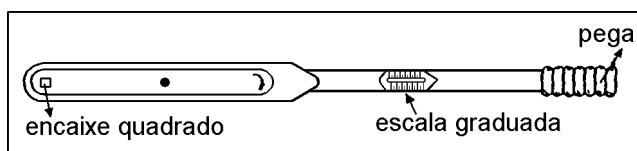
Observe um alicate de pressão e os formatos dos perfis de algumas peças que ele pode prender.

Alicates para anéis de segmento interno e externo

É uma ferramenta utilizada para remover anéis de segmento, também chamados de anéis de segurança ou anéis elásticos. O uso desses alicates exige bastante atenção, pois suas pontas, ao serem introduzidas nos furos dos anéis, podem fazer com que eles escapem abruptamente, atingindo pessoas que estejam por perto.

Os alicates para anéis de segmento interno e externo podem apresentar as pontas retas ou curvas.

Medindo apertos de parafusos e porcas

Quando é necessário medir o aperto de um parafuso ou porca, a ferramenta indicada é o **torquímetro**. O uso do torquímetro evita a formação de tensões e a conseqüente deformação das peças em serviço.

O torquímetro trabalha com as seguintes unidades de medidas: newton . metro (N . m); libra-força . polegada (Lbf . in); quilograma-força . metro (kgf . m). Ao se usar o torquímetro, é importante verificar se o torque é dado em parafuso seco ou lubrificado.

As figuras a seguir mostram alguns tipos de torquímetros.

indicador e escala

relógio

automático

Os torquímetros devem ser utilizados somente para efetuar o aperto final de parafusos, sejam eles de rosca direita ou esquerda. Para encostar o parafuso ou porca, deve-se usar outras chaves.

Para obter maior exatidão na medição, é conveniente lubrificar previamente a rosca antes de se colocar e apertar o parafuso ou a porca.

Os torquímetros jamais deverão ser utilizados para afrouxar, pois se a porca ou parafuso estiver danificado, o torque aplicado poderá ultrapassar o limite da chave, produzindo danos ou alterando a sua exatidão.

Os torquímetros, embora robustos, possuem componentes relativamente sensíveis (ponteiro, mostrador, escala) e por isso devem ser protegidos contra choques violentos durante o uso.

Recomendações finais

As características originais das ferramentas devem ser mantidas, por isso não devem ser aquecidas, limadas ou esmerilhadas.

Se um mecânico de manutenção necessitar de uma ferramenta que tenha uma espessura mais fina ou uma inclinação especial, ele deverá projetar um novo modelo de ferramenta ou então modificar o projeto da máquina para que, em futuras manutenções, possa usar as ferramentas existentes no mercado.

Para aumentar a segurança quando usa ferramentas de aperto e desaperto, o mecânico de manutenção experiente aplica a força em sua direção, evitando o deslocamento do próprio corpo. Ele mantém o equilíbrio corporal deixando os pés afastados e a mão livre apoiada sobre a peça.

O bom mecânico de manutenção lubrifica as ferramentas de trabalho e guarda-as em locais apropriados, conservando-as.

Exercícios

Assinale com X a alternativa correta.

Exercício 1

As medidas das porcas, parafusos e chaves apresentam sempre uma compatibilidade porque são peças:

a) (   ) padronizadas;
b) (   ) conferidas;
c) (   ) moldadas;
d) (   ) formatadas;
e) (   ) estriadas.

Exercício 2

Para travar um parafuso ou porca, com diâmetro nominal de até 16 mm, devemos segurar a extremidade do cabo da chave de aperto com:

a) (   ) as duas mãos;
b) (   ) uma das mãos;
c) (   ) um prolongador;
d) (   ) um esticador;
e) (   ) uma porca.

Exercício 3

Os soquetes e seus acessórios ajudam a retirada de parafusos localizados em pontos de difícil acesso ou em espaços:

a) (   ) muito grandes;
b) (   ) rebaixados;
c) (   ) elevados;
d) (   ) muito pequenos;
e) (   ) nulos.

Exercício 4

Para fixar ou retirar parafuso com sextavado interno, recomenda-se usar a chave tipo:

a) (   ) estrela;
b) (   ) combinada;
c) (   ) fixa;
d) (   ) Allen;
e) (   ) fenda simples.

Exercício 5

Para medir o aperto de parafusos e porcas recomenda-se usar a seguinte ferramenta:

a) (   ) o alicate de pressão;
b) (   ) o alicate universal;
c) (   ) a chave de bater;
d) (   ) a chave para tubos;
e) (   ) o torquímetro.

AULA

15

Técnicas de desmontagem de elementos mecânicos

Em uma linha de produção, uma das máquinas parou de funcionar. O mecânico de manutenção decidiu desmontá-la para verificar a causa da parada. Após certo tempo de trabalho, ele percebeu que havia cometido um sério erro. Como poderia identificar qual elemento da máquina tinha ocasionado sua parada, se tudo estava desmontado?

Contrariado, o mecânico montou novamente a máquina e tentou acioná-la para saber qual elemento estava com defeito.

Se o mecânico não tivesse sido afoito, não teria perdido tempo e esforço, mas a situação teria sido pior se ele não soubesse desmontar e montar a máquina.

A desmontagem e montagem de máquinas e equipamentos industriais faz parte das atividades dos mecânicos de manutenção e são tarefas que exigem muita atenção e habilidade, devendo ser desenvolvidas com técnicas e procedimentos bem definidos.

Nesta aula, serão dadas informações a respeito da desmontagem de máquinas e equipamentos.

Desmontagem

Em geral, uma máquina ou equipamento industrial instalado corretamente, funcionando nas condições especificadas pelo fabricante e recebendo cuidados periódicos do serviço de manutenção preventiva é capaz de trabalhar, sem problemas, por muitos anos.

Entretanto, quando algum dos componentes falha, seja por descuido na operação, seja por deficiência na manutenção, é necessário identificar o defeito e eliminar suas causas.

No caso de máquinas mais simples, é relativamente fácil identificar o problema e providenciar sua eliminação, porém, quando se trata de máquinas mais complexas, a identificação do problema e sua remoção exigem, do mecânico de manutenção, a adoção de procedimentos seqüenciais bem distintos.

O primeiro fato a ser considerado é que não se deve desmontar uma máquina antes da análise dos problemas. A análise, como já foi visto em aulas anteriores, deve ser baseada no relatório do operador, no exame da ficha de manutenção da máquina e na realização de testes envolvendo os instrumentos de controle.

Salientemos, novamente, que a desmontagem completa de uma máquina deve ser evitada sempre que possível, porque demanda gasto de tempo com a conseqüente elevação dos custos, uma vez que a máquina encontra-se indisponível para a produção.

Agora, se a desmontagem precisar ser feita, há uma seqüência de procedimentos a ser observada:

- desligar os circuitos elétricos;
- remover as peças externas, feitas de plástico, borracha ou couro;
- limpar a máquina;
- drenar os fluidos;
- remover os circuitos elétricos;
- remover alavancas, mangueiras, tubulações, cabos;
- calçar os componentes pesados.

Essa seqüência de procedimentos fundamenta-se nas seguintes razões:

a) É preciso desligar, antes de tudo, os circuitos elétricos para evitar acidentes. Para tanto, basta desligar a fonte de alimentação elétrica ou, dependendo do sistema, remover os fusíveis.

b) A remoção das peças externas consiste na retirada das proteções de guias, barramentos e raspadores de óleo. Essa remoção é necessária para facilitar o trabalho de desmonte.

c) A limpeza preliminar da máquina evita interferências das sujeiras ou resíduos que poderiam contaminar componentes importantes e delicados.

d) É necessário drenar reservatórios de óleos lubrificantes e refrigerantes para evitar possíveis acidentes e o espalhamento desses óleos no chão ou na bancada de trabalho.

e) Os circuitos elétricos devem ser removidos para facilitar a desmontagem e limpeza do setor. Após a remoção, devem ser revistos pelo setor de manutenção elétrica.

f) Os conjuntos mecânicos pesados devem ser calçados para evitar o desequilíbrio e a queda de seus componentes, o que previne acidentes e danos às peças.

Obedecida a seqüência desses procedimentos, o operador deverá continuar com a desmontagem da máquina, efetuando as seguintes operações:

1. Colocar desoxidantes nos parafusos, pouco antes de removê-los. Os desoxidantes atuam sobre a ferrugem dos parafusos, facilitando a retirada deles. Se a ação dos desoxidantes não for eficiente, pode-se aquecer os parafusos com a chama de um aparelho de solda oxiacetilênica.

2. Para desapertar os parafusos, a seqüência é a mesma que a adotada para os apertos. A tabela a seguir mostra a seqüência de apertos. Conhecendo a seqüência de apertos, sabe-se a seqüência dos desapertos.

NÚMERO E DISPOSIÇÃO DOS PARAFUSOS	ORDEM DE APERTO DAS SÉRIES EMPREGANDO O MÉTODO DE APERTOS SUCESSIVOS	OBSERVAÇÕES
1 2 1 aperto: 1 2 2 aperto: 1 2	Apertos sucessivos alternados (metade do esforço de aperto)	Por meio de apertos sucessivos, até metade dos esforços de aperto, evita-se o encurvamento.
1 2 3 1 2 3 3 2 1	Apertos alternados (metade do esforço de aperto)	Também no caso de três parafusos evita-se o encurvamento da peça com apertos sucessivos alternados.
1 2 4 3 1aperto 2 aperto 1 3 2 4	Apertos sucessivos cruzados	Para quatro ou mais parafusos, o aperto final é efetuado com a força total de aperto após todos os parafusos estarem encostados.
1 2 3 6 5 4 1 4 3 6 2 5	Apertos sucessivos cruzados	O aperto em linha (1), (2), (3) etc. dá origem a encurvamento.
1 2 3 4 5 6 7 8 1 5 3 7 4 8 2 6	Apertos sucessivos cruzados	No aperto de juntas estanques, com material de vedação, é permitido utilizar outras ordens de aperto.

É importante obedecer à orientação da tabela para que o aperto dos elementos de fixação seja adequado ao esforço a que eles podem ser submetidos. Um aperto além do limite pode causar deformação e desalinhamento no conjunto de peças.

3. Identificar a posição do componente da máquina antes da sua remoção. Assim, não haverá problema de posicionamento.

4. Remover e colocar as peças na bancada, mantendo-as na posição correta de funcionamento. Isto facilita a montagem e, se for caso, ajuda na confecção de croquis.

5. Lavar as peças no lavador, usando querosene. Essa limpeza permite identificar defeitos ou falhas nas peças como trincas, desgastes etc.

A lavagem de peças deve ser feita com o auxílio de uma máquina de lavar e pincéis com cerdas duras.

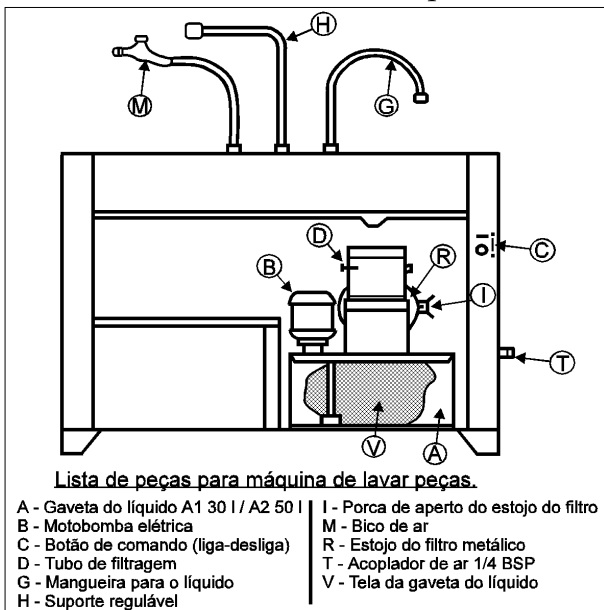
A figura ao lado mostra o esquema de uma máquina de lavar peças que é encontrada no comércio.

A seqüência de operações para a lavagem de peças é a seguinte:

a) Colocar as peças dentro da máquina de lavar, contendo querosene filtrado e desodorizado. Não utilizar óleo diesel, gasolina, tíner ou álcool automotivo, pois são substâncias que em contato com a pele podem provocar irritações.

b) Limpar as peças - dentro da máquina de lavar - com pincel de cerdas duras para remover as partículas e crostas mais espessas.

Lista de peças para máquina de lavar peças.

A - Gaveta do líquido A1 30 l / A2 50 l
B - Motobomba elétrica
C - Botão de comando (liga-desliga)
D - Tubo de filtragem
G - Mangueira para o líquido
H - Suporte regulável
I - Porca de aperto do estojo do filtro
M - Bico de ar
R - Estojo do filtro metálico
T - Acoplador de ar 1/4 BSP
V - Tela da gaveta do líquido

c) Continuar lavando as peças com querosene para retirar os resíduos finais de partículas.

d) Retirar as peças de dentro da máquina e deixar o excesso de querosene aderido escorrer por alguns minutos. Esse excesso deve ser recolhido dentro da própria máquina de lavar.

Durante a lavagem de peças, as seguintes medida de segurança deverão ser observadas:

- utilizar óculos de segurança;
- manter o querosene sempre limpo e filtrado;
- decantar o querosene, uma vez por semana, se as lavagens forem freqüentes;
- manter a máquina de lavar em ótimo estado de conservação;
- limpar o piso e outros locais onde o querosene tiver respingado;
- lavar as mãos e os braços, após o término das lavagens, para evitar problemas na pele;
- manter as roupas limpas e usar, sempre, calçados adequados.

e) Separar as peças lavadas em lotes, de acordo com o estado em que se apresentam, ou seja:

Lote 1 - Peças perfeitas e, portanto, reaproveitáveis.
Lote 2 - Peças que necessitam de recondicionamento.
Lote 3 - Peças danificadas que devem ser substituídas.
Lote 4 - Peças a serem examinadas no laboratório.

Secagem rápida das peças

Usa-se ar comprimido para secar as peças com rapidez. Nesse caso, deve-se proceder da seguinte forma:

- regular o manômetro ao redor de 4 bar, que corresponde à pressão ideal para a secagem;
- jatear (soprar) a peça de modo que os jatos de ar atinjam-na obliquamente, para evitar o agravamento de trincas existentes. O jateamento deverá ser aplicado de modo intermitente para não provocar turbulências.

Normas de segurança no uso de ar comprimido

a) Evitar jatos de ar comprimido no próprio corpo e nas roupas. Essa ação imprudente pode provocar a entrada de partículas na pele, boca, olhos, nariz e pulmões, causando danos à saúde.

b) Evitar jatos de ar comprimido em ambiente com excesso de poeira e na limpeza de máquinas em geral. Nesse último caso, o ar pode levar partículas abrasivas para as guias e mancais, acelerando o processo de desgaste por abrasão.

c) Utilizar sempre óculos de segurança.

Manuais e croqui

Geralmente as máquinas são acompanhadas de manuais que mostram desenhos esquematizados dos seus componentes. O objetivo dos manuais é orientar quem for operá-las e manuseá-las nas tarefas do dia-a-dia. Entretanto, certas máquinas antigas ou de procedência estrangeira são acompanhadas de manuais de difícil interpretação. Nesse caso, é recomendável fazer um croqui (esboço) dos conjuntos desmontados destas máquinas, o que facilitará as operações posteriores de montagem.

Atividades pós-desmontagem

Após a desmontagem, a lavagem, o secamento e a separação das peças em lotes, deve-se dar início à correção das falhas ou defeitos.

As atividades de correção mais comuns são as seguintes:

- confecção de peças;
- substituição de elementos mecânicos;
- substituição de elementos de fixação;
- rasqueteamento;
- recuperação de roscas;
- correção de erros de projeto;
- recuperação de chavetas.

Exercícios

Assinale com X a alternativa correta.

Exercício 1

A desmontagem de uma máquina deve ser efetuada:

a) ( ) antes do problema ser identificado;
b) ( ) depois do problema ser identificado;
c) ( ) assim que ela parar de funcionar;
d) ( ) depois que o diretor autorizar;
e) ( ) assim que ela for assentada.

Exercício 2

Identificam-se falhas de uma máquina com base no relatório do operador, na ficha de manutenção e nos testes dos seguintes elementos:

a) ( ) ferramentas de desmontagem;
b) ( ) instrumentos de medida;
c) ( ) ferramentas de manutenção;
d) ( ) instrumentos de controle;
e) ( ) chaves de aperto e torquímetros.

Exercício 3

Deve-se evitar a desmontagem completa de uma máquina pelos seguintes motivos:

a) ( ) risco de falhas e de quebra da máquina;
b) ( ) perda de tempo e risco de falhas;
c) ( ) demora e prejuízo na produção;
d) ( ) desgaste da máquina e retrabalho;
e) ( ) aparecimento de trincas, fendas e sujidades.

Exercício 4

Na operação de desmontagem de uma máquina, o primeiro procedimento deve ser o seguinte:

a) ( ) remover os circuitos elétricos;
b) ( ) limpar a máquina;
c) ( ) drenar os fluidos;
d) ( ) calçar os componentes pesados;
e) ( ) desligar os circuitos elétricos.

Exercício 5

Antes de retirar os parafusos de uma máquina, convém eliminar a oxidação por meio de:

a) ( ) água misturada com álcool;
b) ( ) lubrificantes;
c) ( ) detergentes domésticos;
d) ( ) desoxidantes;
e) ( ) ácidos ou álcalis.

Exercício 6

O melhor solvente para lavar peças é:

a) ( ) o óleo diesel;
b) ( ) a gasolina;
c) ( ) o tíner;
d) ( ) o álcool automotivo;
e) ( ) o querosene.

Exercício 7

Para a secagem rápida de peças lavadas recomenda-se usar:

a) ( ) ar comprimido;
b) ( ) secadores elétricos;
c) ( ) estufas elétricas;
d) ( ) flanelas e estopas;
e) ( ) a luz solar das 12 horas.

Exercício 8

Na desmontagem de máquinas antigas ou importadas, é importante que o mecânico de manutenção:

a) ( ) tire fotografias da máquina em vários ângulos;
b) ( ) desenhe a máquina em papel-vegetal;
c) ( ) use tabelas normalizadas de parafusos e porcas;
d) ( ) construa as ferramentas necessárias para a tarefa;
e) ( ) faça um esboço ou croqui dos conjuntos desmontados.

AULA

16

Montagem de conjuntos mecânicos

Na indústria X, Salomão tinha acabado de desmontar uma máquina. Limpou as peças, secou-as, separou-as em lotes – retendo as recuperáveis – e solicitou ao almoxarifado algumas peças novas para substituir as danificadas.

Depois de tudo preparado, Salomão começou a montar a máquina, e quando estava chegando ao término da atividade, descobriu que sobravam duas peças.

Não se desesperou. Sabia que tinha cometido um erro ao não ter consultado o croqui da máquina. Examinando o croqui e seguindo os passos da montagem, logo descobriu de onde eram as peças que estavam sobrado.

Sorrindo, Salomão corrigiu o erro e lembrou-se de seus mestres de ofício, que sempre lhe falavam:

– Salomão, adquira experiência em manutenção mecânica enquanto aprende conosco. Não pode haver sobra de peças na montagem de máquinas e equipamentos! Use sua inteligência; leia os livros que tratam dos assuntos de nossa profissão para adquirir novos conhecimentos. Não faça as coisas por fazer. Faça-as com conhecimento de causa. Capriche e use amor naquilo que estiver fazendo!

Usando a inteligência, adquirindo experiência e conhecimentos e amando o que se faz, o seu sucesso pessoal e profissional estará garantido!

Salomão, agradecido aos seus mestres de ofício, terminou a montagem da máquina, que ficou perfeita em todos os aspectos.

A montagem de conjuntos mecânicos será o assunto desta aula.

Objetivo da montagem

A montagem tem por objetivo maior a construção de um todo, constituído por uma série de elementos que são fabricados separadamente.

Esses elementos devem ser colocados em uma seqüência correta, isto é, montados segundo normas preestabelecidas, para que o todo seja alcançado e venha a funcionar adequadamente. Em manutenção mecânica, esse todo é representado pelos conjuntos mecânicos que darão origem às máquinas e equipamentos.

A montagem de conjuntos mecânicos exige a aplicação de uma série de técnicas e cuidados por parte do mecânico de manutenção. Além disso, o mecânico de manutenção deverá seguir, caso existam, as especificações dos fabricantes dos componentes a serem utilizados na montagem dos conjuntos mecânicos.

Outro cuidado que o mecânico de manutenção deve ter, quando se trata da montagem de conjuntos mecânicos, é controlar a qualidade das peças a serem utilizadas, sejam elas novas ou recondicionadas. Nesse aspecto, o controle de qualidade envolve a conferência da peça e suas dimensões.

Sem controle dimensional ou sem conferência para saber se a peça é realmente a desejada e se ela não apresenta erros de construção, haverá riscos para o conjunto a ser montado. De fato, se uma peça dimensionalmente defeituosa ou com falhas de construção for colocada em um conjunto mecânico, poderá produzir outras falhas e danos em outros componentes.

Recomendações para a montagem

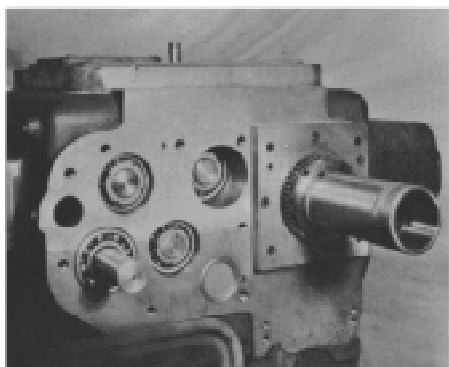
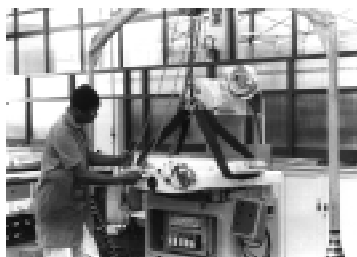
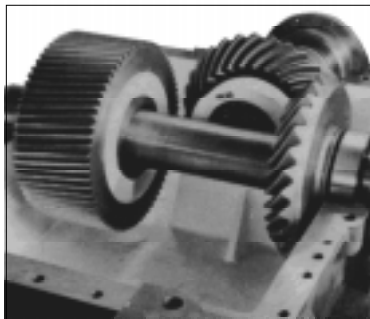
1. Verificar se todos os elementos a serem montados encontram-se perfeitamente limpos, bem como o ferramental.

2. Examinar os conjuntos a serem montados para se ter uma idéia exata a respeito das operações a serem executadas.

3. Consultar planos ou normas de montagem, caso existam.

4. Examinar em primeiro lugar a ordem de colocação das diferentes peças antes de começar a montagem, desde que não haja planos e normas relativas à montagem.

5. Verificar se nos diferentes elementos mecânicos há pontos de referência. Se houver, efetuar a montagem segundo as referências existentes.

6. Evitar a penetração de impurezas nos conjuntos montados, protegendo-os adequadamente.

7. Fazer testes de funcionamento dos elementos, conforme a montagem for sendo realizada, para comprovar o funcionamento perfeito das partes. Por exemplo, verificar se as engrenagens estão se acoplando sem dificuldade. Por meio de testes de funcionamento dos elementos, é possível verificar se há folgas e se os elementos estão dimensionalmente adequados os e colocados nas posições corretas.

8. Lubrificar as peças que se movimentam para evitar desgastes precoces causados pelo atrito dos elementos mecânicos.

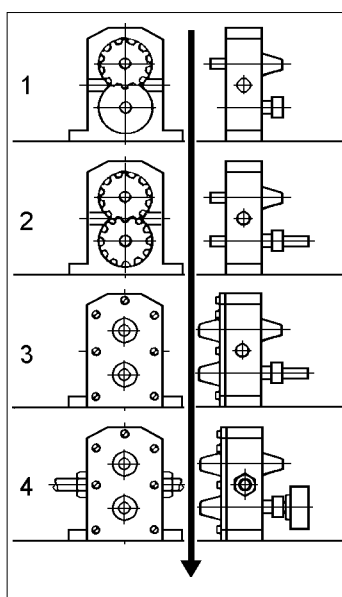
Métodos para realização da montagem

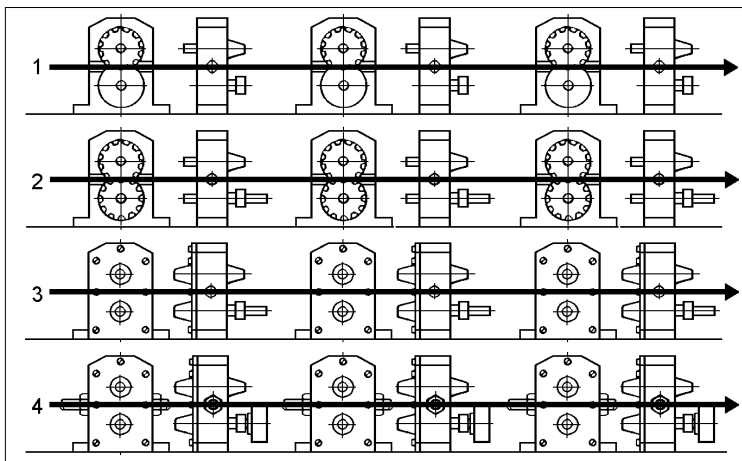
Nos setores de manutenção mecânica das indústrias, basicamente são aplicados dois métodos para se fazer a montagem de conjuntos mecânicos: a montagem peça a peça e a montagem em série.

Montagem peça a peça

A montagem peça a peça é efetuada sobre bancadas.

Como exemplo, a figura mostra a seqüência de operações a serem realizadas para a montagem de uma bomba de engrenagens.

Como todas as peças já estão ajustadas, a atividade de montagem propriamente dita se limita a uni-las ordenadamente. Um controle de funcionamento indicará se será preciso fazer correções .

Montagem em série

A figura seguinte, a título de exemplo, mostra a seqüência de operações a serem realizadas para a montagem de uma série de bombas de engrenagem.

Caso não haja manual de instruções ou esquema de montagem, deve-se proceder da seguinte forma:

a) Fazer uma análise detalhada do conjunto antes de desmontá-lo.

b) Fazer um croqui mostrando como os elementos serão montados no conjunto.

c) Anotar os nomes dos elementos à medida que vão sendo retirados do conjunto.

A montagem deve ser baseada no croqui e nas anotações feitas anteriormente, invertendo-se a seqüência de desmontagem.

Exercícios

Assinale com X a alternativa correta.

Exercício 1

Entre os cuidados necessários na montagem de um conjunto mecânico, recomenda-se controlar a:

a) ( ) qualidade das peças novas e recondicionadas;
b) ( ) perfeita existência de vácuo nos alojamentos;
c) ( ) qualidade das partículas metálicas provenientes dos desgastes;
d) ( ) qualidade das gaxetas e flanges;
e) ( ) ausência total de óleos e graxas.

Exercício 2

Na montagem de conjuntos mecânicos recomenda-se:

a) ( ) montar os conjuntos e depois fazer a verificação do funcionamento;
b) ( ) fazer os testes de funcionamento durante a montagem;
c) ( ) iniciar pelas peças maiores;
d) ( ) iniciar pelas peças menores;
e) ( ) não lubrificar peças que executam movimentos relativos entre si.

Exercício 3

Basicamente, quais são os métodos adotados para a montagem de conjuntos mecânicos?

Exercício 4

O que deve ser feito para evitar o atrito dos elementos mecânicos montados?

Recuperação de elementos mecânicos

O dono da fábrica Quipapá chamou Asdrúbal, um dos melhores mecânicos de manutenção da empresa, e falou:

– Asdrúbal, tenho em minha casa um torno antigo, daqueles que Santos Dumont usou para fabricar seu protótipo de avião, e gostaria de que você desse uma olhada para verificar todos os elementos. Tenho um carinho especial pelo torno e gastarei o que for preciso para tê-lo funcionando com rendimento pleno. Amanhã ele será trazido para cá e conto com a sua dedicação, tá?

– Farei o que for preciso, senhor Bonifácio – respondeu Asdrúbal.

No dia seguinte, Asdrúbal, diante do torno antigo, fez tudo conforme manda as boas normas de manutenção mecânica e concluiu que seria preciso desmontar aquela antiguidade.

Quando desmontou o velho torno, deparou-se com um eixo trincado e notou a presença de algumas engrenagens desgastadas.

Como Asdrúbal deverá proceder para colocar o velho torno em funcionamento?

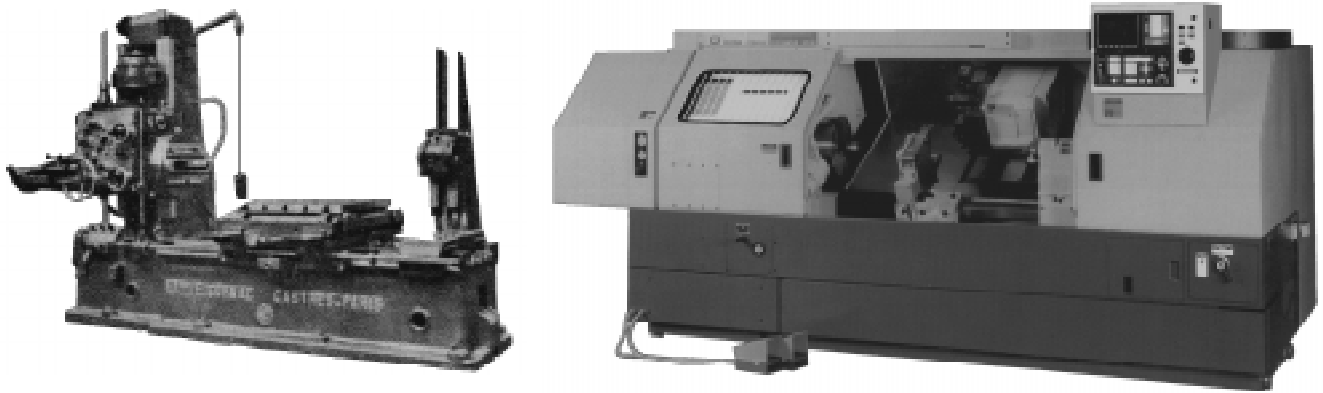
A recuperação de elementos mecânicos será o tema desta aula.

Análise situacional

Na manutenção de máquinas ou equipamentos, deve-se levar em consideração as solicitações mecânicas atuantes, pois os desgastes, as deformações e mesmo as trincas podem ser causadas por elas.

Em algumas situações, a correção de uma falha pode vir a ser desnecessária, desde que se constate que ela não vá comprometer o conjunto em seu funcionamento.

Por exemplo, em equipamentos antigos e superdimensionados, certas falhas não prejudicam o conjunto, pois a estrutura desses equipamentos antigos era construída para suportar erros e omissões do projeto.

Compare a robustez e o dimensionamento de uma máquina antiga com uma moderna.

A recuperação de um determinado equipamento ou conjunto mecânico tem, como fase preliminar, a decisão de desmontá-lo. Nesse momento, alguns fatores vão direcionar o mecânico de manutenção nas tarefas de recuperar, efetivamente, o equipamento. Os principais fatores direcionantes são os seguintes:

- análise do conjunto;
- análise de cada um dos componentes em termos de desgaste;
- qual a gravidade da avaria;
- quais elementos podem ser aproveitados.

Recuperação de subconjuntos com movimentos

Na recuperação de subconjuntos que possuem movimentos, deve-se levar em consideração dois aspectos: a resistência estática e as condições dinâmicas do conjunto.

Em termos de solicitações dinâmicas, as seguintes características devem ser consideradas:

- resistência às vibrações, choques, rupturas etc.;
- desbalanceamento
- desgastes provocados pelo atrito, de acordo com as condições operacionais de trabalho.

Além dessas características, passam a ser importantes, além da escolha do material que as atendam os tratamentos térmicos, a geometria das peças, o acabamento superficial e a exatidão dimensional nas regiões onde se verifica o movimento relativo entre os componentes do conjunto.

Recuperação de eixos

Os eixos são elementos mecânicos sujeitos a solicitações estáticas e dinâmicas. Para recuperar um eixo, vários parâmetros devem ser definidos. Entre eles, os seguintes são muito importantes:

- análise das condições de trabalho do eixo, como primeiro passo;
- rotações por minuto ou por segundo que ele executa;
- condições ambientais do meio onde ele se encontra;
- presença eficiente de lubrificação;
- pressões específicas por ele exercidas ou suportadas.

De posse de todas as características de solicitações e trabalho, a próxima etapa observada na recuperação de um eixo consiste em determinar o tipo de material utilizado na sua recuperação e o processo de recuperação empregado.

A recuperação de um eixo pode ser feita de duas formas: pela construção de um eixo novo ou pela reconstituição do próprio eixo danificado.

Construção de um eixo novo

Um eixo novo deve ser usinado com sobremetal suficiente para permitir uma retificação das dimensões desejadas, após o tratamento térmico, caso haja necessidade.

Reconstituição de eixos por soldagem

Para reconstituir eixos pelo processo de soldagem, é necessário preparar as juntas, ou seja, chanfrá-las. Os rebaixamentos deverão ser suficientes para o recondicionamento e para os tratamentos térmicos prévios.

A recuperação de eixos por soldagem passa por três fases:

- preparação dos eixos;
- escolha do material de adição e do processo de soldagem;
- procedimento de soldagem.

Preparação de eixos – A preparação de eixos envolve as seguintes etapas:

– Exame da área onde se deu a ruptura.

– Eliminação do material fatigado da área de ruptura.

– Verificação de trincas remanescentes do próprio processo de ruptura ou fadiga.

– Usinagem para preparar as juntas, cujas dimensões devem estar de acordo com os dados das tabelas a seguir.

UNIÃO DE DIÂMETROS IGUAIS					
Diâmetro	A	B	C	D	E
50	19	4,5	12	10	50
75	75	5,5	15	10	50
100	28	6,5	23	19	64
125 150	32	8,5	28	21	64
175 200	38	10	44	30	90
225 250	41	14	75	44	100
275 300	45	19	90	75	112
325 375	50	21	100	90	115
400 425	60	28	120	112	140
450 475	70	32	140	112	150
500 575	90	38	150	140	150
600 625	95	44	150	140	170
650 675	100	48	150	140	175

UNIÃO DE DIÂMETROS DIFERENTES					
Diâmetro	A	B	C	D	E
50	19	4,5	12	9,1	50
75	75	5,5	15	9,1	50
100	28	6,5	23	19	64
125 150	32	8,5	28	23	64
175 200	38	10	64	30	90
225 250	41	14	75	44	100
275 300	45	19	90	71	112
325 375	50	21	100	90	115
400 425	60	28	120	112	140
450 475	70	32	140	112	150
500 575	90	38	150	140	150
600 625	95	44	150	140	170
650 675	100	48	150	140	175

O material do pino de guia deve ser igual ao material do enxerto ou, então, de aço SAE 1045. O ajuste entre o pino e o eixo deve estar na faixa H6 e H7. Os extremos dos pinos devem ter uma folga de 1,5 mm em relação ao fundo do furo.

Escolha do material de adição e do processo de soldagem – O metal de adição deve consistir de um material com elevada resistência mecânica. O eletrodo precisa ter característica superior à apresentada pelo eixo, após a soldagem. O processo de soldagem mais apropriado é o elétrico, com eletrodos revestidos.

Procedimento de soldagem – O procedimento de soldagem deve abranger as seguintes fases:

- efetuar a montagem de forma que as partes unidas possam girar após a soldagem;
- estabelecer a temperatura de preaquecimento de acordo com o material a ser soldado;
- efetuar a soldagem, mantendo a peça na temperatura de preaquecimento, evitando o superaquecimento que pode levar a deformações. As deformações poderão ser evitadas desde que se faça uma soldagem por etapas e numa seqüência adequada;
- deixar a solda resfriar lentamente para evitar choques térmicos;
- realizar tratamentos térmicos: normalização ou beneficiamento.

Salientemos que as peças deformadas não devem ser endireitadas em prensas. Se o endireitamento for realizado em prensas, serão criadas tensões elevadas na estrutura, com conseqüências imprevisíveis.

Recuperação de eixos por deposição metálica

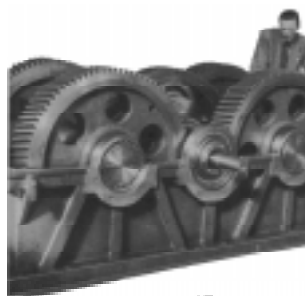
Eixos desgastados pelo trabalho podem ser recuperados pelo processo de deposição metálica. É possível fazer essa deposição metálica a quente ou por via eletrolítica.

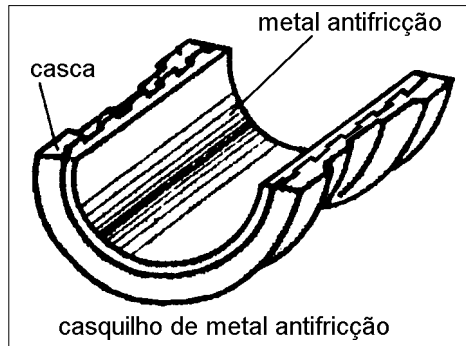
Em ambos os casos, as superfícies a serem recuperadas precisam ser preparadas adequadamente. A cilindricidade e o acabamento dos eixos tem de estar compatíveis com o processo de deposição metálica a ser realizado.

No caso de deposição de cromo duro por eletrólise, deve-se retificar a superfície a ser recuperada, para que a película de cromo se deposite de modo regular e uniforme e não venha a se romper quando solicitada por pressões elevadas.

A película de cromo duro não deve ser muito fina, para não vir a descamar quando o eixo entrar em serviço. Uma película com boa espessura é obtida quando se faz um rebaixamento prévio no eixo a ser recuperado.

Recuperação de mancais

Nos processos de recuperação de mancais de rolamento, o mais importante é a preparação das superfícies que deverão estar compatíveis com as especificações dimensionais dos fabricantes, incluindo as rugosidades especificadas.

No caso de mancais de deslizamento, vamos encontrar os mais variados tipos. Alguns apresentam uma película de material antifricção denominada "casquilho". A recuperação de mancais de deslizamento, normalmente, exige pequenos ajustes como o rasqueteamento.

metal antifricção
casca
casquilho de metal antifricção

Para materiais de alta resistência utilizam-se buchas substituíveis, bipartidas ou não, com canais de lubrificação. Nesses casos, a recuperação consiste em substituir os elementos deteriorados por novos elementos.

Recuperação de engrenagens

A melhor forma de recuperar engrenagens desgastadas ou quebradas é construir novas engrenagens, idênticas àquelas danificadas. A construção de novas engrenagens exige cuidados, sobretudo na extidão do perfil dos dentes.

Há casos em que se opta por recuperar engrenagens por soldagem, notadamente quando se trata de dentes quebrados. Nesses casos, deve-se cuidar para que a engrenagem não adquira tensões adicionais que possam causar novas quebras.

Na verdade, a inclusão de um dente soldado em uma engrenagem é um caso de enxerto. Normalmente, o dente incluso nunca será perfeito, o que, mais cedo ou mais tarde, virá a prejudicar as demais engrenagens que trabalharão acopladas com a que recebeu o dente enxertado.

De qualquer forma, a recuperação de dentes de engrenagens por solda obedece à seguinte seqüência:

- preparação das cavidades;
- soldagem;
- ajustes dos dentes.

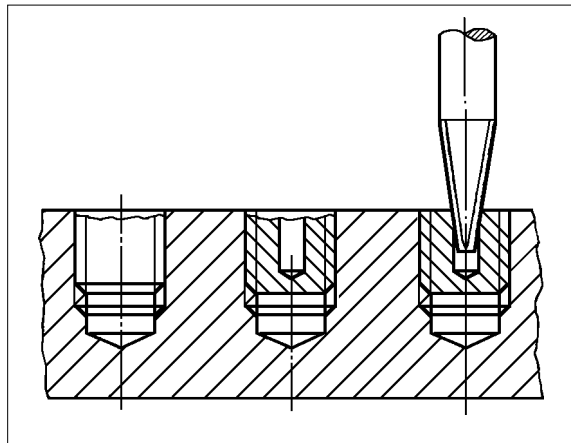
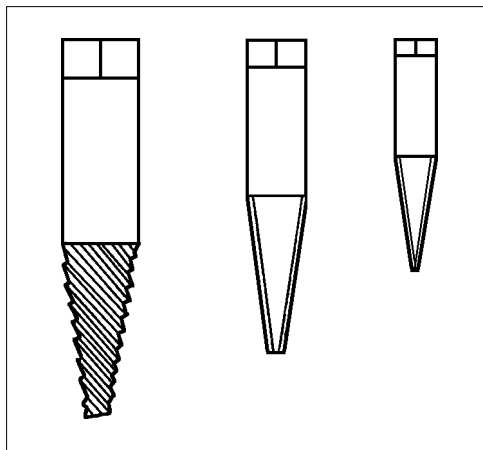
O assunto recuperação de engrenagens será visto com mais detalhes em aula posterior.

Recuperação de roscas

As roscas apresentam, normalmente, dois danos típicos: quebra do parafuso por cisalhamento do corpo ou da cabeça e rosca interna avariada (espanada).

Quebra do parafuso por cisalhamento – Nesse caso, para extrair a parte

restante, improvisa-se um alongamento para a chave fixa, ou então usa-se um extrator apropriado para os casos em que a seção da quebra esteja situada no mesmo plano da superfície da peça.

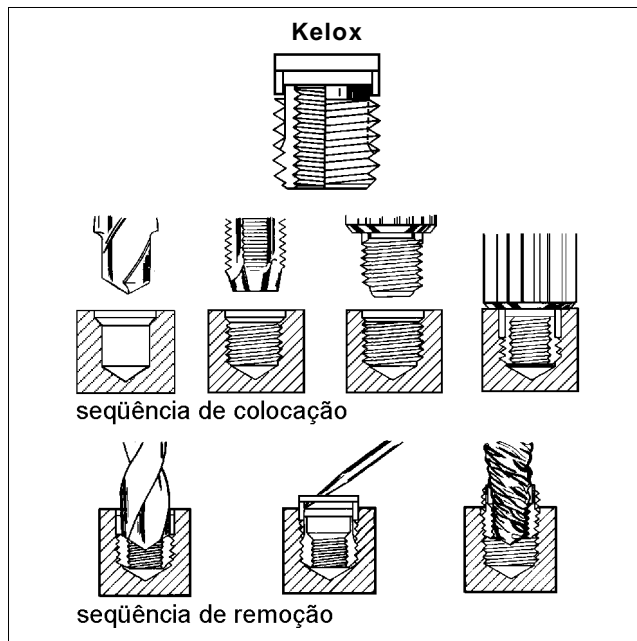
A figura seguinte mostra a seqüência para o uso do extrator, o qual requer apenas um furo no centro do parafuso, com diâmetro inferior ao do núcleo da rosca.

O extrator é constituído de aço-liga especial e possui uma rosca dente-de-serra, múltipla, cônica e à esquerda. No comércio, o extrator é encontrado em jogos, cobrindo os mais variados diâmetros de parafusos.

Rosca interna avariada – Há várias maneiras de recuperar uma rosca interna avariada. A primeira maneira, caso haja parede suficiente, é alargar o furo roscado e colocar nele um pino roscado. Esse pino roscado deve ser faceado e fixado por solda ou chaveta. A seguir, o pino deve ser furado e roscado com a medida original da rosca que está sendo recuperada.

Outro modo, mais recomendável, é fazer insertos na rosca, ou seja, adicionar na rosca elementos de fixação existentes no mercado. Dentre os insertos conhecidos temos o tipo Kelox e o tipo Heli-coil.

O Kelox é uma bucha roscada nas partes interna e externa, com dois rasgos conificados e um rebaixo. Ela apresenta, também, um anel provido de duas chavetas, servindo para fixá-la após o rosqueamento.

Kelox

seqüência de colocação

seqüência de remoção

O Heli-coil é uma espiral de arame de alta resistência com a forma romboidal. Nesse caso é preciso, também, repassar o furo danificado com outra broca e rosqueá-lo com macho fornecido pela própria Heli-coil. Em seguida, o inserto é rosqueado com uma ferramenta especial.

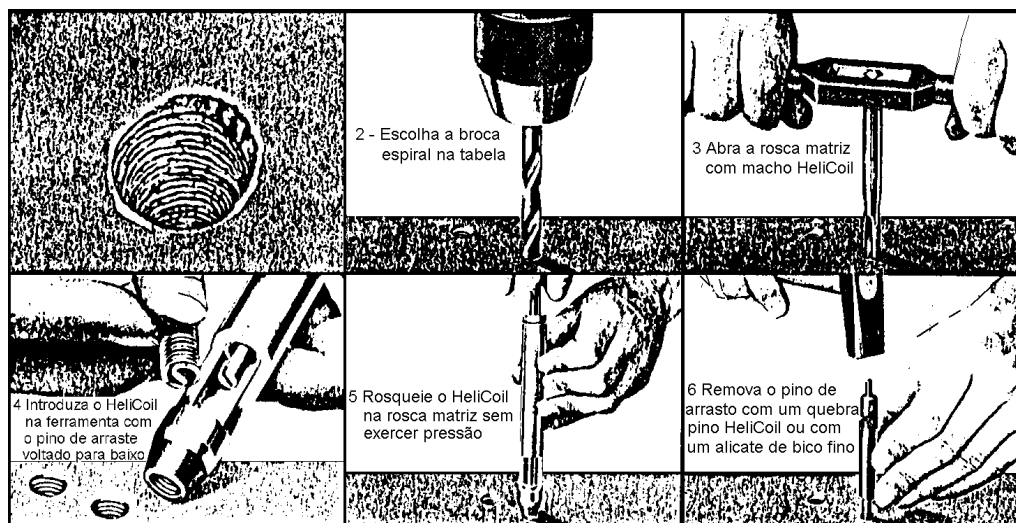
O aumento do diâmetro do material de base é mínimo.

2 - Escolha a broca espiral na tabela

3 Abra a rosca matriz com macho HeliCoil

4 Introduza o HeliCoil na ferramenta com o pino de arraste voltado para baixo

5 Rosqueie o HeliCoil na rosca matriz sem exercer pressão

6 Remova o pino de arrasto com um quebra pino HeliCoil ou com um alicate de bico fino

Exercícios

Assinale com X a alternativa correta.

Exercício 1

É fator determinante para a desmontagem de um conjunto mecânico:

a) ( ) a não existência de uma ficha de controle;
b) ( ) a existência de uma ficha de controle;
c) ( ) a sua idade de fabricação;
d) ( ) as suas dimensões quando comparadas com outros conjuntos;
e) ( ) a análise do conjunto.

Exercício 2

A recuperação de subconjuntos com movimentos deve levar em consideração:

a) ( ) a geometria das peças;
b) ( ) a anulação das forças de atrito;
c) ( ) a ausência de peso dos sistemas;
d) ( ) o teor de umidade relativa do ar das oficinas;
e) ( ) a manutenção das vibrações de todos os elementos.

Exercício 3

De quantas maneiras um eixo danificado pode ser recuperado?

a) ( ) uma;
b) ( ) duas;
c) ( ) três;
d) ( ) quatro;
e) ( ) cinco.

Exercício 4

O que é mais importante na recuperação de mancais de rolamento?

a) ( ) O tamanho do rolamento.
b) ( ) O tipo de rolamento.
c) ( ) A aplicação do rolamento.
d) ( ) Suas especificações de fabricação.
e) ( ) O tipo de graxa a ser utilizada.

Exercício 5

Uma engrenagem apresenta desgaste excessivo. Nesse caso recomenda-se:

a) ( ) trocá-la por outra, com as mesmas dimensões da original;
b) ( ) enchê-la de solda e depois limá-la;
c) ( ) retirar as rebarbas com uma lima e ajustá-la numa prensa;
d) ( ) trocar todos os dentes por enxerto;
e) ( ) deixá-la desgastar totalmente para não danificar as demais.

Exercício 6

Qual o procedimento mais adequado para extrair um parafuso que sofreu cisalhamento em um furo roscado?

a) ( ) Bater o parafuso com um martelo e punção de bico.
b) ( ) Retirar o parafuso com uma prensa hidráulica.
c) ( ) Usar um extrator de parafusos apropriado.
d) ( ) Utilizar o equipamento de soldagem oxiacetilênica.
e) ( ) Utilizar o equipamento de solda elétrica.

AULA

18

Travas e vedantes químicos

O mecânico de manutenção de uma empresa de caminhões tentava eliminar, de todas as formas, um vazamento de óleo que persistia na conexão de um manômetro de um sistema hidráulico. Esse sistema pertencia a uma retificadora cilíndrica que retificava as pontas de eixo dos caminhões. Por causa do vazamento, as paradas eram constantes e atrasavam a produção.

Vários vedantes foram usados sem sucesso. Por fim, um companheiro mais experiente aconselhou o mecânico a utilizar um vedante anaeróbico.

O mecânico fez todos os preparativos e aplicou o vedante, e em pouco tempo pôde verificar que o vazamento havia desaparecido. A retificadora voltou a operar normalmente sem maiores problemas.

Travas e vedantes químicos anaeróbicos serão os assuntos desta aula.

Introdução

Em aulas anteriores de manutenção corretiva, uma série de procedimentos foram apresentados como diretrizes a serem seguidas pelo mecânico de manutenção que deseja realizar seu trabalho com sucesso.

Estudamos a análise de falhas, as técnicas de desmontagem e montagem e a recuperação de elementos mecânicos por meio de alguns processos.

Nesta aula veremos um outro processo de recuperação de elementos mecânicos, envolvendo travas e vedantes químicos.

O que são travas e vedantes químicos?

São resinas anaeróbicas que endurecem na ausência do oxigênio e são desenvolvidas em indústrias do ramo químico por meio de tecnologias avançadas. Tais resinas apresentam vários níveis de viscosidade e resistência e são aplicadas, por exemplo, nos seguintes casos:

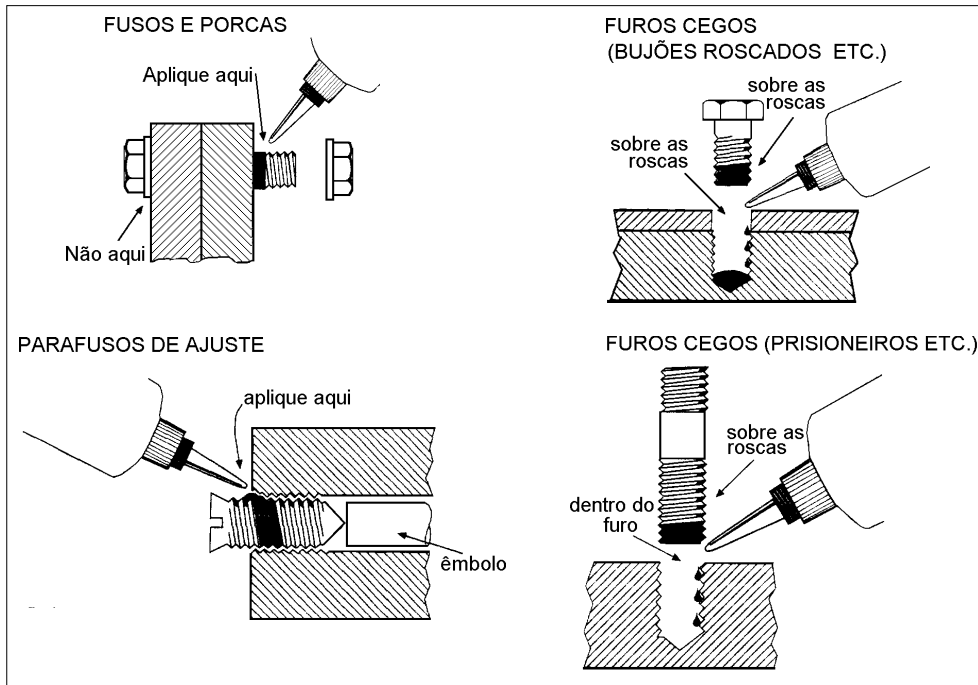
- travamento anaeróbico de parafusos;
- adesão anaeróbica de estruturas;
- vedação aneróbica;
- vedação anaeróbica de superfícies planas;

- fixação anaeróbica;
- adesão anaeróbica instantânea.

Adesão por trava química

Muitos elementos de fixação de máquinas, tais como parafusos, porcas e prisioneiros, sofrem esforços decorrentes da dilatação e contração térmicas e das vibrações e impactos quando estão em funcionamento. Nessas condições, os elementos de fixação podem se afrouxar por causa da perda de torque. Em decorrência do afrouxamento dos elementos de fixação poderão surgir danos nos componentes fixados por eles.

Uma das soluções para evitar o afrouxamento dos elementos de fixação, especialmente os roscados, é utilizar a trava química anaeróbica.

O produto, em estado líquido, preenche todos os espaços entre as roscas e começa a solidificar na ausência de ar, uma vez que este é expulso para dar lugar à resina durante a montagem do elemento roscado. Depois de seca, a resina transforma-se numa película plástica entre as roscas, proporcionando o travamento.

Aplicação da trava química

A trava química pode ser aplicada em uniões com furos passantes, com parafusos e porcas e em furos cegos com bujões roscados ou prisioneiros.

O processo de aplicação obedece os seguintes passos:

1. Limpeza das roscas, tanto do parafuso como da porca ou furo roscado.
2. Seleção da trava de rosca apropriada, de acordo com a resistência exigida.
3. Aplicação de diversas gotas de trava na região da rosca do parafuso e na região da rosca onde ele será fixado.

4. Colocação do parafuso ou da porca, roscando até atingir o torque (aperto) desejado.

A quantidade de trava química que será aplicada deve ser suficiente para preencher os espaços vazios entre o parafuso e a porca ou furo roscado.

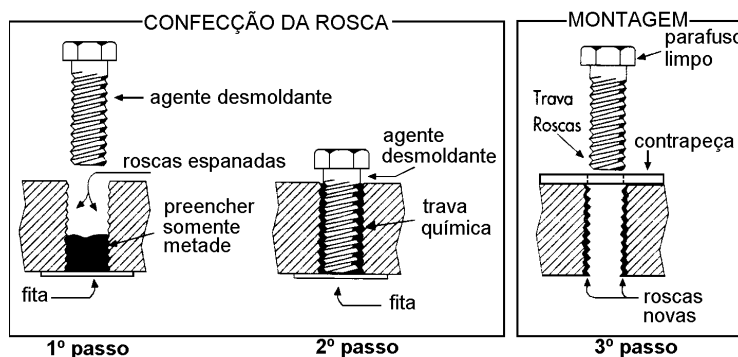
Uma das vantagens da trava química é que ela permite o reaproveitamento de roscas espanadas, que se constituem em sérios problemas de manutenção. A trava química, ocupando o espaço entre a rosca espanada e o parafuso, cria uma nova rosca permitindo o reaproveitamento de peças. Deste modo, problemas com aquisição de novas peças e problemas de substituição desaparecem.

A figura abaixo mostra os passos que devem ser seguidos na operação de recuperar roscas espanadas.

CONFECÇÃO DA ROSCA — MONTAGEM

agente desmoldante; roscas espanadas; preencher somente metade; fita — 1º passo

agente desmoldante; trava química; fita — 2º passo

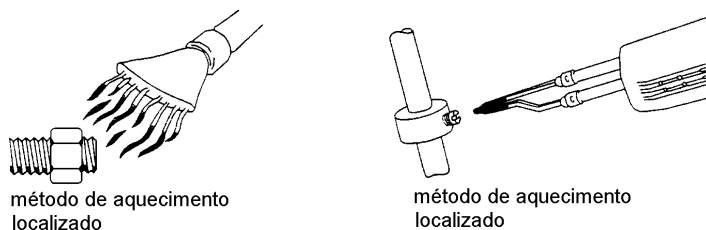
parafuso limpo; Trava Roscas; contrapeça; roscas novas — 3º passo

Desmontagem da trava roscada

Para desmontar uma trava roscada, deverão ser observados os seguintes procedimentos:

- usar a mesma ferramenta que foi utilizada na montagem;
- se necessário, aplicar calor localizado na porca ou prisioneiro durante cinco minutos.

A temperatura da fonte de calor deverá estar ao redor dos 200°C e o conjunto precisará ser desmontado enquanto estiver quente.

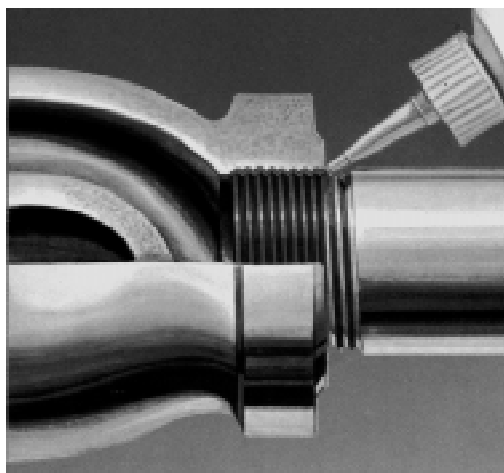
método de aquecimento localizado

método de aquecimento localizado

Vedação anaeróbica de roscas

A vedação de tubos, válvulas, manômetros, plugues e conexões deve ser tratada em manutenção com a mesma seriedade com que é tratado qualquer outro elemento importante de uma máquina. De fato, uma união ou conexão mal feita pode causar o vazamento de fluidos e, em conseqüência, haverá problemas na produção.

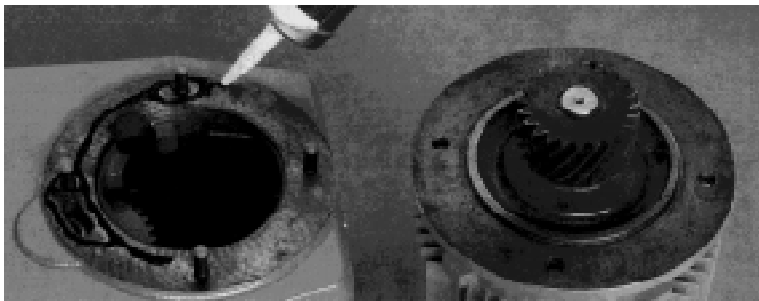
Os tipos mais comuns de vedantes de roscas são as fitas de teflon, sisal e massas vedantes. Esses materiais de vedação, contudo, não propiciam um preenchimento total das folgas existentes entre as roscas, provocando, em alguns casos, posicionamento impreciso de peças unidas, bem como necessidades de reapertos e altos torques. Reapertos e altos torques, geralmente, além de causarem avarias nas peças, podem fazer com que partículas de vedantes adentrem no sistema, contaminando-o.

Esses problemas podem ser evitados com o uso de vedantes químicos que suportam condições adversas: altas temperaturas, pressões hidráulicas e pneumáticas e vibrações do equipamento.

A aplicação de vedantes químicos é bem simples, conforme se pode observar na ilustração.

Vedação de superfícies planas

Uma das aplicações dos produtos químicos de união anaeróbicos são as vedações. Elas permitem a confecção de juntas no local da união sem a interposição de outros materiais.

O vedante utilizado permite uma perfeita adaptação à conformação das superfícies, que ficarão em contato sem a necessidade de interpor outros materiais, como as juntas de papel. Obtém-se, desse modo, uma vedação perfeita, resistente e insolúvel.

A aplicação de um vedante aneróbico é bastante simples, como se pode observar na ilustração.

A utilização deste tipo de vedação limita-se a uma folga de até 0,25 mm. Acima deste valor, exige-se o emprego de uma junta espaçadora que deve ser utilizada em conjunto com o vedante anaeróbico.

Fixação anaeróbica

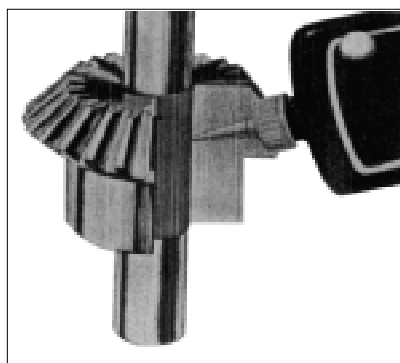
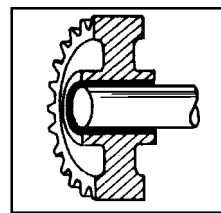
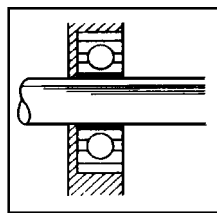
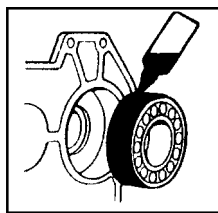
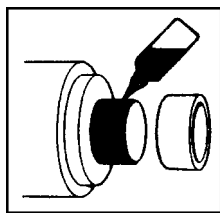
Em manutenção, freqüentemente ocorrem situações em que um rolamento encontra-se folgado em sua sede ou mancal. Essa folga constitui-se num problema que exige uma solução muitas vezes trabalhosa, como uma usinagem da sede ou do mancal ou a confecção de uma bucha, dependendo do formato e do tamanho do mancal.

Soluções desta natureza exigem a parada da máquina, desmontagem, usinagem do mancal, confecção da bucha e montagem do conjunto, com a inevitável elevação dos custos da manutenção e prejuízos da produção.

A fixação anaeróbica, diante de um problema dessa natureza, é uma excelente opção, pois o produto líquido preenche por completo as folgas entre as peças e, por causa da ausência de ar, transforma-se em uma película sólida que fixa os elementos.

Esse processo, por ser de rápida aplicação, permite que o serviço de manutenção seja executado com rapidez e economia, e os resultados são satisfatórios.

O processo de fixação anaeróbica também pode ser aplicado na montagem de engrenagens, rolamentos e buchas em eixos e sedes, substituindo métodos mecânicos como o emprego de chavetas, montagem com interferência (prensagem, dilatação ou contração térmica), e estriagem, pois o produto utilizado na fixação preenche todos os microespaços existentes entre os componentes, conforme as ilustrações.

Desmontagem de peças unidas por fixação anaeróbica

A desmontagem deve ser feita utilizando os componentes usuais, tais como o saca-polias ou saca-rolamentos. Caso seja necessário, deve-se aplicar calor localizado durante cinco minutos, estando a fonte de calor numa temperatura ao redor de 200°C. O desmonte deve ser executado enquanto o conjunto estiver quente.

Resumo

As travas e vedantes químicos são importantes componentes e auxiliares nas operações de manutenção que envolvem recuperação e montagem de peças de máquinas. Esses produtos químicos promovem uma rápida e eficiente fixação, sendo seguros, confiáveis e fáceis de aplicar. Com isto, os serviços de manutenção, em termos de reparos, tornam-se melhores e mais rápidos.

Exercícios

Assinale X na alternativa correta.

Exercício 1

Uma importante aplicação das travas químicas é:

a) ( ) vedar superfícies planas, cilíndricas, côncavas e convexas;
b) ( ) fixar engrenagens, polias, eixos e correias;
c) ( ) impedir que parafusos, porcas ou prisioneiros se soltem;
d) ( ) impedir o vazamento de gases, líquidos e sólidos particulados;
e) ( ) soldar peças por meio de dilatações e aquecimentos prolongados.

Exercício 2

Uma vantagem da vedação anaeróbica em relação a outros vedantes é sua:

a) ( ) capacidade de preencher totalmente as folgas;
b) ( ) necessidade de receber um aperto com um torque ideal;
c) ( ) necessidade de receber um aquecimento para secar;
d) ( ) capacidade de permanecer sempre no estado líquido;
e) ( ) total incapacidade de ser removida depois de aplicada.

Exercício 3

A vedação anaeróbica substitui:

a) ( ) guarnições de alumínio;
b) ( ) juntas de papel;
c) ( ) retentores de borracha;
d) ( ) gaxetas de borracha;
e) ( ) selos mecânicos.

Exercício 4

A folga limite para a utilização de vedação anaeróbica de superfícies deve ser de:

a) ( ) 0,50 mm;
b) ( ) 0,25 cm;.
c) ( ) 0,35 mm;
d) ( ) 0,25 mm;
e) ( ) 0,25 dm.

Exercício 5

A fixação anaeróbica apresenta as seguintes vantagens para a manutenção:

a) (   ) usinagem perfeita e bom acabamento;
b) (   ) medidas e acabamentos precisos;
c) (   ) rugosidade ideal e bom acabamento;
d) (   ) rapidez de aplicação e confiabilidade nos resultados;
e) (   ) segurança, bom acabamento e usinagem perfeita.

AULA

19

Mancais de rolamento I

Um mecânico de manutenção, ao iniciar a desmontagem de um conjunto mecânico, constatou a existência de uma série de rolamentos. Examinando os rolamentos, verificou que alguns apresentavam defeitos irremediáveis, ao passo que outros encontravam-se em boas condições de uso. Os rolamentos defeituosos teriam de ser substituídos.

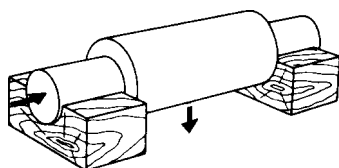
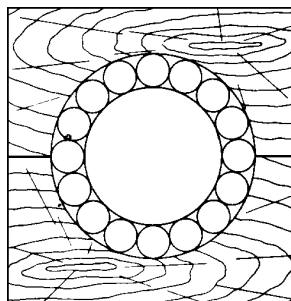
Que procedimentos o mecânico de manutenção deverá adotar para trocar os rolamentos defeituosos sem danificar aqueles que estão em boas condições de uso? Como evitar danos nos alojamentos dos rolamentos?

Nesta aula aprenderemos a verificar e desmontar conjuntos mecânicos chamados mancais de rolamento.

Conceito de mancal

Mancal é um suporte de apoio de eixos e rolamentos que são elementos girantes de máquinas.

Os mancais classificam-se em duas categorias: mancais de deslizamento e mancais de rolamento.

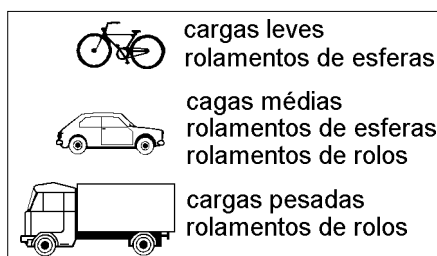
Mancais de deslizamento – São concavidades nas quais as pontas de um eixo se apóiam. Por exemplo, na figura seguinte, as duas concavidades existentes nos blocos onde as pontas de um eixo se apóiam são mancais de deslizamento.

Mancais de rolamento – São aqueles que comportam esferas ou rolos nos quais o eixo se apóia. Quando o eixo gira, as esferas ou rolos também giram confinados dentro do mancal. Por exemplo, se colocarmos esferas ou rolos inseridos entre um eixo e um bloco, conforme figura ao lado, o eixo rolará sobre as esferas ou rolos.

Agora uma pergunta:
– Quando usar rolamentos de esferas ou de rolos?

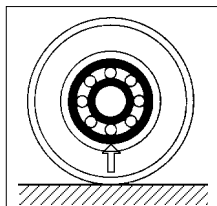
Pode-se afirmar que os rolamentos de esferas são usados para cargas leves ou médias, e os rolamentos de rolos para cargas médias ou pesadas.

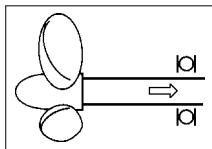
Por exemplo, em bicicletas e motocicletas, que suportam cargas leves, os cubos das rodas apresentam rolamentos de esferas. Em caminhões, que suportam cargas pesadas, os cubos das rodas apresentam rolamentos de rolos. Já em automóveis, que suportam cargas médias, os cubos das rodas podem apresentar rolamentos de esferas ou de rolos.

cargas leves
rolamentos de esferas

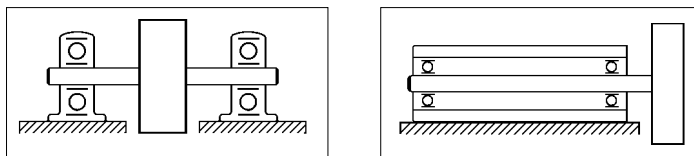
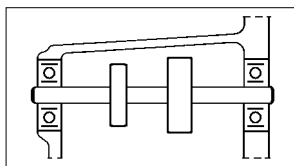
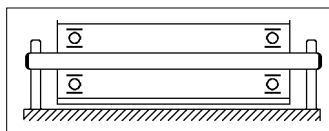
cagas médias
rolamentos de esferas
rolamentos de rolos

cargas pesadas
rolamentos de rolos

Tipos de rolamento

Os tipos de rolamento construídos para suportar cargas atuando perpendicularmente ao eixo, tais como os rolamentos dos cubos de rodas, por exemplo, são chamados de **rolamentos radiais.**

Os rolamentos projetados para suportar cargas que atuam na direção do eixo são chamados de **rolamentos axiais.**

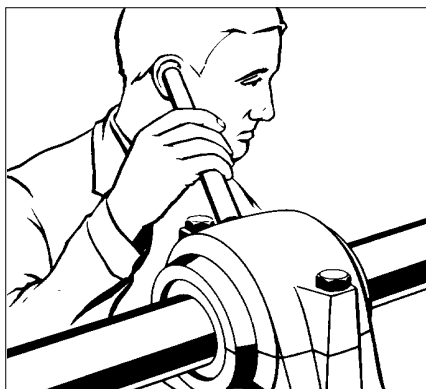
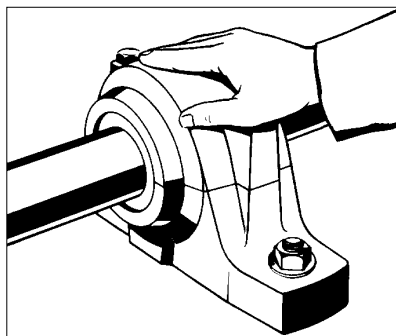
Um rolamento axial pode ser usado, por exemplo, para suportar o empuxo da hélice propulsora de um navio. Muitos tipos de rolamento radiais são capazes de suportar, também, cargas combinadas, isto é, cargas radiais e axiais.

Aplicação de rolamentos

O arranjo de rolamentos, num elemento de máquina, pode ser feito de vários modos. É comum usar dois rolamentos espaçados a uma certa distância. Estes rolamentos podem ser alojados numa mesma caixa ou em duas caixas separadas, sendo a escolha feita com base no projeto da máquina e na viabilidade de empregar caixas menos onerosas.

A maioria das caixas padronizadas é construída para alojar um rolamento. Também são fabricadas caixas padronizadas para dois rolamentos, embora em menor quantidade.

Em certos tipos de máquina, os rolamentos são montados diretamente no corpo delas. Os redutores são um exemplo. Em tais casos, o fabricante da máquina deve projetar e produzir tampas e porcas, bem como projetar o sistema de vedação e de lubrificação.

Em outras aplicações, em vez do eixo girar, outros elementos de máquina é que giram sobre ele, que se mantém estacionado. É o caso das polias ou rolos não tracionados.

Como verificar as condições de um rolamento

O comportamento do rolamento pode ser verificado pelo tato e pela audição. Para checar o processo de giro, faz-se girar o rolamento, lentamente, com a mão. Esse procedimento permitirá constatar se o movimento é produzido com esforço ou não, e se ele ocorre de modo uniforme ou desigual.

Na verificação pela audição, faz-se funcionar o rolamento com um número de rotações reduzido. Se o operador ouvir um som raspante, como um zumbido, é porque as pistas do rolamento estão sujas; se o som ouvido for estrepitoso, a pista apresenta danos ou descascamento; se o som ouvido for metálico, tipo silvo, é sinal de pequena folga ou falta de lubrificação.

A verificação pelo ouvido pode ser melhorada colocando-se um bastão ou uma chave de fenda contra o alojamento onde se encontra o rolamento. Encostando o ouvido na extremidade livre do bastão ou no cabo da chave de fenda, ou ainda utilizando um estetoscópio eletrônico, os tipos de sonoridade poderão ser detectadas facilmente.

Além dos ruídos, outro fator a ser observado nos rolamentos é a temperatura. A temperatura pode ser verificada por meio de termômetros digitais, sensíveis aos raios infravermelhos. Outra maneira de verificar a temperatura de um rolamento é aplicar giz sensitivo ou, simplesmente, colocar a mão no alojamento do rolamento.

Se a temperatura estiver mais alta que o normal ou sofrer constantes variações, isto significa que há algum problema no rolamento. O problema pode ser:

- lubrificação deficiente;
- lubrificação em excesso;
- presença de sujeiras;
- excesso de carga;
- folga interna muito pequena;
- início de desgastes;
- rolamento "preso" axialmente;
- excesso de pressão nos retentores;
- calor proveniente de fonte externa.

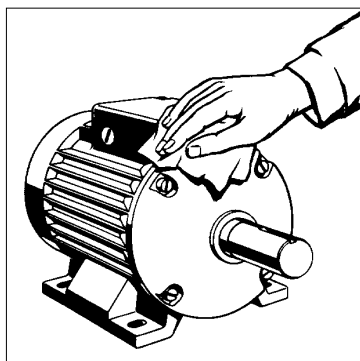
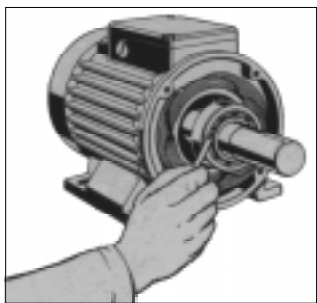
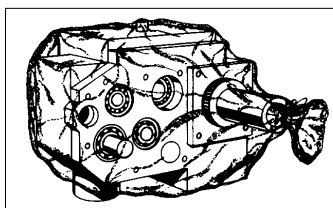
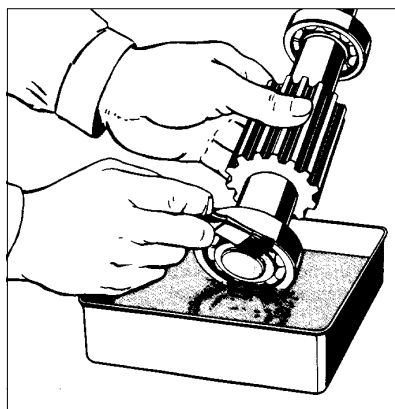
Salientemos que ocorre um aumento natural na temperatura, durante um ou dois dias, após a lubrificação correta de um rolamento.

Outros pontos que devem ser inspecionados em um rolamento são os seguintes: vedações, nível do lubrificante e seu estado quanto à presença de impurezas.

Inspeção de rolamentos em máquinas

A inspeção de rolamentos em máquinas deve ser efetuada com as máquinas paradas para evitar acidentes.

A seguinte seqüência de operações deve ser feita na fase de inspeção de um rolamento:

a) Limpar as superfícies externas e anotar a seqüência de remoção dos componentes da máquina.

b) Verificar o lubrificante. Vários tipos de impurezas podem ser sentidas pelo tato, bastando esfregar uma amostra do lubrificante entre os dedos. Uma fina camada de lubrificante espalhada nas costas da mão permitirá uma inspeção visual.

c) Impedir que sujeira e umidade penetrem na máquina, após a remoção das tampas e vedadores. Em caso de interrupção do trabalho, proteger a máquina, rolamentos e assentos com papel parafinado, plástico ou material similar. O uso de estopa é condenável, pois fiapos podem contaminar os rolamentos.

d) Lavar o rolamento exposto, onde é possível fazer uma inspeção sem desmontá-lo. A lavagem deve ser efetuada com um pincel molhado em querosene.

e) Secar o rolamento lavado com um pano limpo sem fiapos ou com ar comprimido. Se for aplicado ar comprimido, cuidar para que nenhum componente do rolamento entre em rotação.

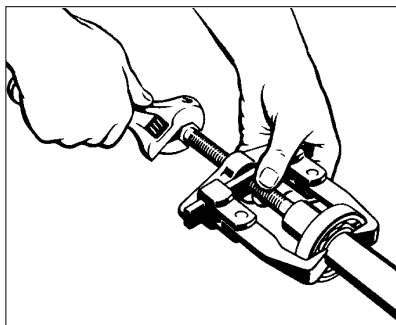
Rolamentos blindados (com duas placas de proteção ou de vedação) nunca deverão ser lavados.

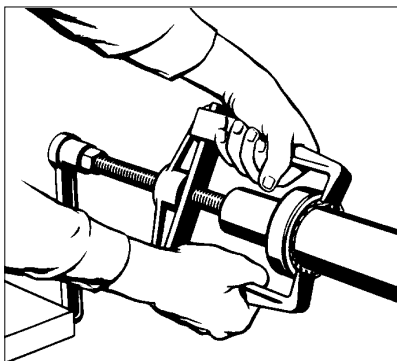
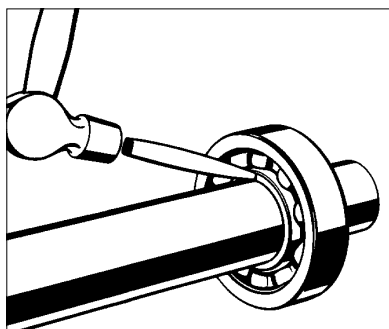
Procedimentos para desmontagem de rolamentos

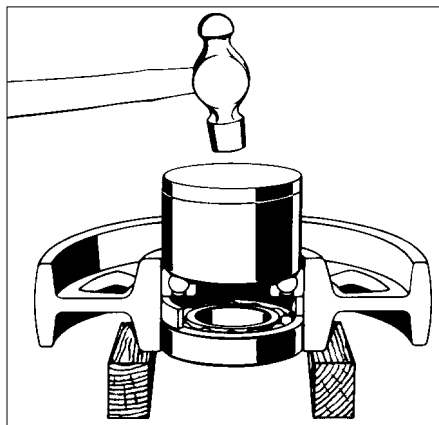
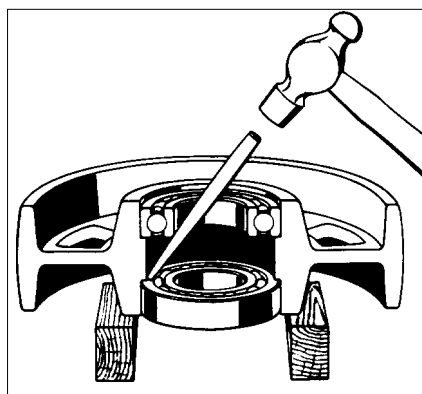
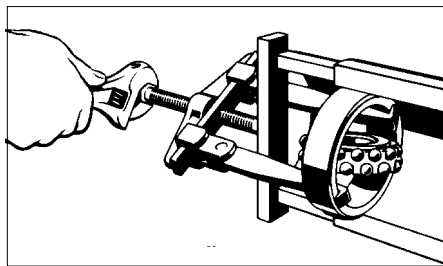
Antes de iniciar a desmontagem de um rolamento recomenda-se, como primeiro passo, marcar a posição relativa de montagem, ou seja, marcar o lado do rolamento que está para cima e o lado que está de frente e, principalmente, selecionar as ferramentas adequadas.

Vejamos como se faz para desmontar rolamentos com interferência no eixo, com interferência na caixa e montados sobre buchas.

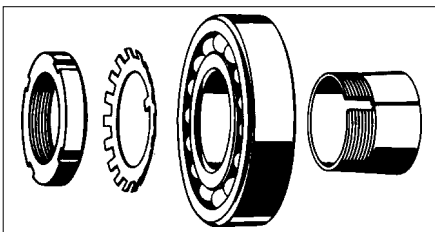
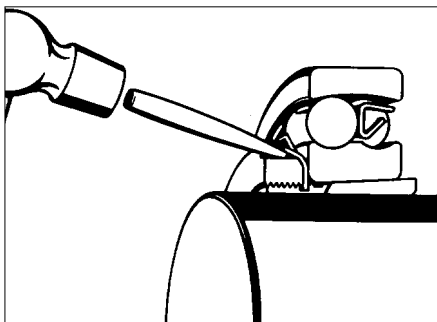
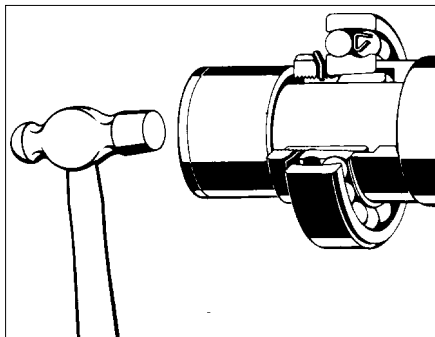
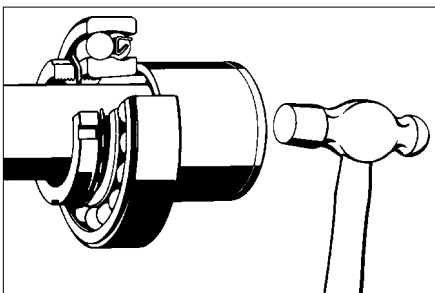
Desmontagem de rolamento com interferência no eixo

A desmontagem de rolamento com interferência no eixo é feita com um saca-polias. As garras desta ferramenta deverão ficar apoiadas diretamente na face do anel interno.

Quando não for possível alcançar a face do anel interno, o saca-polias deverá ser aplicado na face do anel externo, conforme figura abaixo. Entretanto, é importante que o anel externo seja girado durante a desmontagem. Esse cuidado garantirá que os esforços se distribuam pelas pistas, evitando que os corpos rolantes (esferas ou roletes) as marquem.

Na operação, o parafuso deverá ser travado ou permanecer seguro por uma chave. As garras é que deverão ser giradas com a mão ou com o auxílio de uma alavanca.

Na falta de um saca-polias, pode-se usar um punção de ferro ou de metal relativamente mole, com ponta arredondada, ou uma outra ferramenta similar. O punção deverá ser aplicado na face do anel interno. O rolamento não deverá, em hipótese alguma, receber golpes diretos do martelo. Esse método exige bastante cuidado, pois há riscos de danificar o rolamento e o eixo.

Desmontagem de rolamento com interferência na caixa

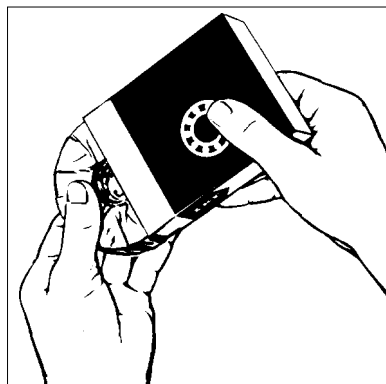
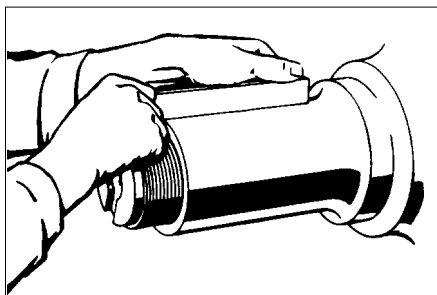
Quando o rolamento possui ajuste com interferência na caixa, como em uma roda, ele poderá ser desmontado com o auxílio de um pedaço de tubo metálico com faces planas e livres de rebarbas. Uma das extremidades do tubo é apoiada no anel externo, enquanto a extremidade livre recebe golpes de martelo. Os golpes deverão ser dados ao longo de toda a extremidade livre do tubo.

Caso haja ressaltos entre os rolamentos, deve-se usar um punção de ferro ou de metal relativamente mole, com ponta arredondada, ou ferramenta similar. Os esforços deverão ser aplicados sempre no anel externo.

O conjunto do anel interno de um rolamento autocompensador de rolos ou de esferas pode ser desalinhado. O desalinhamento permite o uso de um saca-polias no anel externo.

Desmontagem de rolamentos montados sobre buchas

Os rolamentos autocompensadores de rolos ou esferas são geralmente montados com buchas de fixação .Essas buchas apresentam a vantagem de facilitar a montagem e a desmontagem dos rolamentos, uma vez que o assento do eixo, com o uso dessas buchas, passa a não necessitar de uma usinagem precisa.

A ilustração mostra, da esquerda para a direita, os seguintes elementos: porca de fixação, arruela de trava, rolamento e bucha de fixação.

A desmontagem de rolamentos montados sobre buchas de fixação deve ser iniciada após se marcar a posição da bucha sobre o eixo. A orelha da arruela de trava, dobrada no rasgo da porca de fixação, deve ser endireitada, e a porca deverá ser solta com algumas voltas.

A seguir, o rolamento deverá ser solto da bucha de fixação por meio da martelagem no tubo metálico, conforme explicado anteriormente.

Quando a face da porca estiver inacessível, ou quando não existir um espaço entre o anel interno e o encosto do eixo, a ferramenta deverá ser aplicada na face do anel interno do rolamento.

Montagem de rolamentos

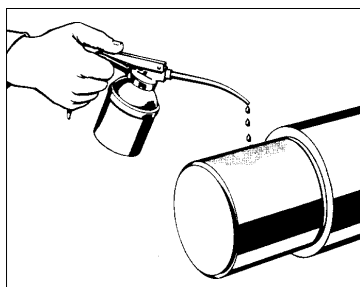
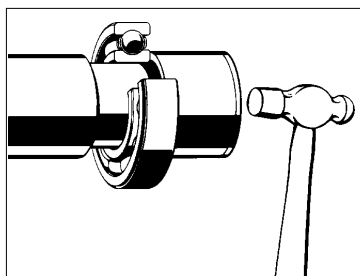
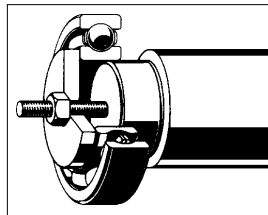
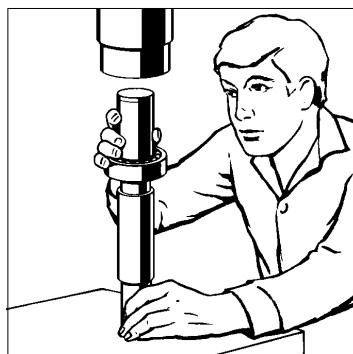
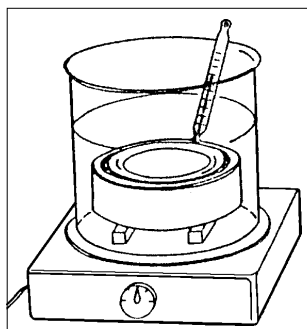
A montagem de rolamentos deve pautar-se nos seguintes princípios:

- escolher o método correto de montagem;

- observar as regras de limpeza do rolamento;
- limpar o local da montagem que deverá estar seco;
- selecionar as ferramentas adequadas que deverão estar em perfeitas condições de uso;
- inspecionar cuidadosamente os componentes que posicionarão os rolamentos;
- remover as rebarbas e efetuar a limpeza do eixo e encostos;
- verificar a precisão de forma e dimensões dos assentos do eixo e da caixa;
- verificar os retentores e trocar aqueles que estão danificados;
- retirar o rolamento novo - em caso de substituição - da sua embalagem original somente na hora da montagem. A embalagem apresenta um protetor antiferruginoso.

A aplicação desses princípios permite montar, corretamente, os rolamentos com interferência no eixo e com interferência na caixa.

Montagem de rolamentos com interferência no eixo

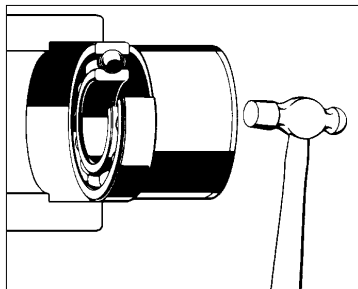
A montagem de rolamentos com interferência no eixo segue os seguintes passos:

- Lubrificar o assento do rolamento.

- Posicionar o rolamento sobre o eixo com o auxílio de um martelo. Os golpes não devem ser aplicados diretamente no rolamento e sim no tubo metálico adaptado ao anel interno.

- Usar as roscas internas ou externas, porventura existentes no eixo, para a montagem.

- Usar prensas mecânicas ou hidráulicas para montar rolamentos pequenos e médios.

- Aquecer os rolamentos grandes em banho de óleo numa temperatura entre 100°C e 120° C e colocá-los rapidamente no eixo antes de esfriarem.

Se o rolamento for do tipo que apresenta lubrificação permanente, ele não deverá ser aquecido conforme descrito anteriormente. O aquecimento remove o lubrificante e o rolamento sofrerá danos.

Para rolamentos que apresentam lubrificação permanente, recomenda-se esfriar o eixo onde eles serão acoplados. A contração do eixo facilitará a colocação dos rolamentos; contudo, convém salientar que há aços que sofrem modificações estruturais permanentes quando resfriados.

Montagem de rolamentos com interferência na caixa

Os passos para a montagem de rolamentos com interferência na caixa, basicamente, são os mesmos recomendados para a montagem de rolamentos com interferência no eixo:

- Usar um pedaço de tubo metálico contra a face do anel externo após a lubrificação das partes a serem montadas.

- Cuidar para que o rolamento não fique desalinhado em relação à caixa.
- Utilizar uma prensa hidráulica ou mecânica.
- Aquecer a caixa para a montagem de rolamentos grandes

Exercícios

Assinale com X a alternativa correta.

Exercício 1

Os tipos de rolamentos construídos para suportarem cargas perpendiculares ao eixo são conhecidos pelo nome de rolamentos:

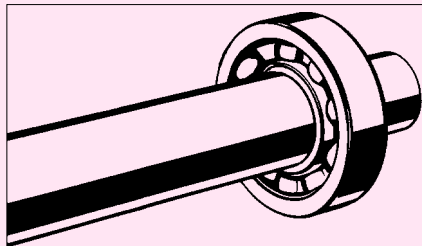
a) ( ) axiais;
b) ( ) especiais;
c) ( ) radiais;
d) ( ) mistos;
e) ( ) autocompensadores.

Exercício 2

Quais são os procedimentos corretos na inspeção de uma máquina parada?

a) ( ) Verificar o lubrificante; limpar as superfícies externas da máquina; lavar os rolamentos expostos e secá-los com estopa.
b) ( ) Verificar o lubrificante; só limpar as superfícies internas das máquinas; lavar os rolamentos expostos com um pincel molhado em aguarrás e secá-los com um pano limpo.
c) ( ) Verificar o lubrificante; limpar as superfícies externas da máquina; lavar os rolamentos expostos com um pincel molhado em querosene e secá-los com um pano limpo e nunca com estopa.
d) ( ) Verificar a aparência da máquina; desmontá-la totalmente; lubrificar todos os seus elementos e secá-los com ar comprimido.
e) ( ) Verificar o estado físico do lubrificante; substituir as graxas por óleo; limpar a máquina com flanela ou estopa; montar os conjuntos.

Exercício 3

A figura abaixo mostra um rolamento acoplado a um eixo.

Um dos procedimentos indicados para retirar o rolamento do eixo é:

a) ( ) utilizar um saca-polias apoiado na face do anel externo, girando o parafuso do saca-polias ou usar um punção de metal mole;

b) ( ) utilizar um saca-polias apoiado no anel interno ou externo. Se o saca-polias for colocado no anel externo, seu parafuso deverá ser travado e suas garras giradas;

c) ( ) utilizar um saca-polias apoiado na face do anel interno, girando o parafuso do saca-polias, ou utilizar um punção de metal relativamente mole e de ponta arredondada;

d) ( ) utilizar um saca-polias apoiado ao eixo do rolamento, girando as esferas em sentido anti-horário ou utilizar um punção de aço especial com ponta quadrada;

e) ( ) utilizar um saca-polias apoiado em apenas um rolete do rolamento para não danificar os outros, mantendo as pistas sem movimento.

AULA

20

Mancais de rolamento II

Examinando dez rolamentos de um conjunto mecânico, Clóvis, um dos mecânicos de manutenção de uma empresa, constatou que três rolamentos apresentavam corrosão, dois tinham endentações, um outro exibia a superfície deteriorada; três outros apresentavam desgastes e o último estava em fase adiantada de descascamento.

Quais as causas de tantas falhas? Há correções para essas falhas?

As respostas para essas perguntas serão dadas ao longo desta aula.

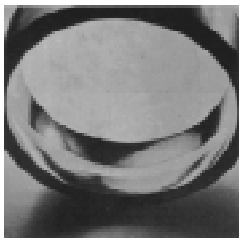
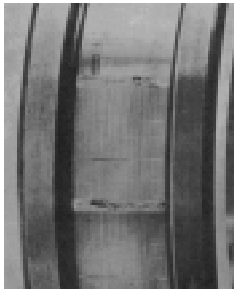
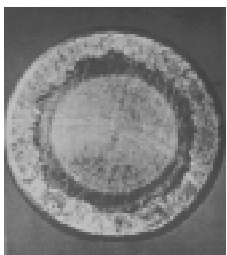
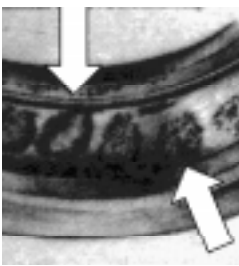
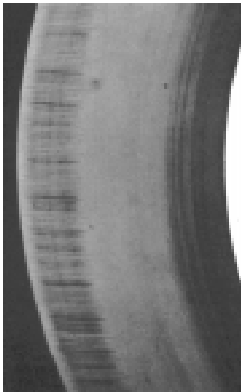
Falhas de rolamentos e suas causas

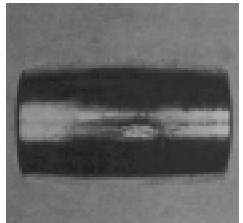
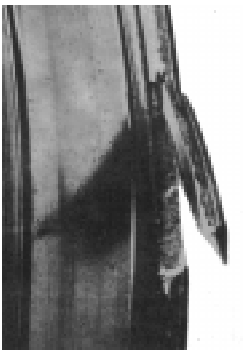
Cada uma das diferentes causas de falhas em rolamentos – lubrificação inadequada ou insuficiente, manuseio grosseiro, vedadores deficientes, montagens incorretas etc. – produzem falhas com características próprias.

As falhas, em estágio primário, dão origem às falhas em estágio secundário, ou seja, aos descascamentos e trincas.

Mesmo as falhas em estágio primário podem fazer com que o rolamento venha a ser sucateado. Por exemplo, se o rolamento apresentar vibrações, ou excessiva folga interna ou muitos ruídos, ele estará condenado.

De um modo geral, um rolamento danificado, freqüentemente, apresenta uma combinação de falhas em estágio primário e secundário.

Falhas em estágio primário
- desgaste;
- endentações;
- arranhamento;
- deterioração de superfície;
- corrosão;
- dano por corrente elétrica.

Falhas em estágio secundário
- descascamento;
- trincas.

A ilustração abaixo resume as falhas de rolamentos.

Vamos estudar, a seguir, cada uma das falhas que podem aparecer em um rolamento.

DESGASTE			
DESGASTE CAUSADO POR LUBRIFICAÇÃO INADEQUADA			
EXEMPLO ILUSTRATIVO	APARÊNCIA	CAUSA	CORREÇÃO
	Superfícies desgastadas, freqüentemente espelhadas. Em estágio avançado, as superfícies apresentam-se na cor azulada ou na cor marrom.	O lubrificante tornou-se gradualmente escasso ou foi perdendo suas propriedades lubrificantes.	Verificar se o lubrificante está chegando ao rolamento. Relubrificar mais freqüentemente o rolamento.
DESGASTE CAUSADO POR VIBRAÇÕES			
	Depressões nas pistas. Estas depressões são oblongas em rolamentos de rolos e circulares em rolamentos de esferas. Elas são brilhantes ou oxidadas no seu fundo.	O rolamento foi exposto a vibrações quando parado.	Trave o rolamento durante o transporte através de pré-carga radial. Arranje uma base que amorteça as vibrações. Use, se possível, rolamentos de esferas em vez de rolos. Empregue, quando possível, banho de óleo.

ENDENTAÇÕES			
EXEMPLO ILUSTRATIVO	APARÊNCIA	CAUSA	CORREÇÃO
	Endentações nas pistas dos anéis externo e interno, com espaçamento igual ao dos corpos rolantes.	Pressão inadequada aplicada no anel durante a montagem. Deslocamento excessivo em assento cônico. Sobrecarga enquanto o rolamento não gira.	Aplicar a pressão para montagem no anel com ajuste interferente. Seguir cuidadosamente as instruções do fabricante para a montagem de rolamentos com furo cônico. Evitar sobrecargaou usar um rolamento com maior capacidade de carga estática.

ARRANHAMENTO			
ARRANHAMENTO DE TOPOS DE ROLOS E FLANGES DE GUIA			
EXEMPLO ILUSTRATIVO	APARÊNCIA	CAUSA	CORREÇÃO
	Topo dos rolos e faces do flange arranhados e com coloração diferente.	Escorregamento sob carga axial pesada e com lubrificação inadequada.	Uma lubrificação mais adequada.
ARRANHAMENTO DE SUPERFÍCIES EXTERNAS			
	Furo ou exterior do anel machucado e descorado.	Rotação do anel em relação ao eixo ou à caixa.	Escolher ajuste com maior interferência.

DETERIORAÇÃO DE SUPERFÍCIE			
EXEMPLO ILUSTRATIVO	APARÊNCIA	CAUSA	CORREÇÃO
	Inicialmente o dano não é visível a olho nu. Um estágio mais avançado é indicado por crateras pequenas e rasas, com fraturas na estrutura cristalina.	Lubrificação inadequada ou insuficiente.	Melhorar a lubrificação.

CORROSÃO			
FERRUGEM PROFUNDA			
EXEMPLO ILUSTRATIVO	APARÊNCIA	CAUSA	CORREÇÃO
	Marcas escuras ou acinzentadas nas pistas, coincidindo em geral com o espaçamento dos corpos rolantes. Em estágio avançado, cavidades nas pistas e outras superfícies de rolamento.	Presença de água, umidade ou substância corrosiva no rolamento por um longo período de tempo.	Melhorar a vedação. Usar lubrificante com propriedade inibidora à corrosão.
CORROSÃO DE CONTATO			
	Áreas de ferrugem na superfície externa do anel externo ou no furo do anel interno. Marca de trabalho na pista fortemente assinalada nas regiões correspondentes à corrosão de contato.	Ajuste muito folgado. Assento do eixo ou da caixa com erros de forma.	Corrigir os assentos.

DANOS CAUSADOS POR CORRENTE ELÉTRICA			
EXEMPLO ILUSTRATIVO	APARÊNCIA	CAUSA	CORREÇÃO
	Estrias ou ondulações na cor marrom escuro ou preto-acinzentado. Crateras nas pistas e rolos. As esferas apresentam somente coloração escura. As pistas dos rolamentos de esferas apresentam, às vezes, queimaduras em ziguezague. As pistas e corpos rolantes também podem apresentar queimaduras localizadas.	Passagem de corrente elétrica através do rolamento em rotação ou parado.	Desviar a corrente evitando passá-la pelo rolamento. Quando soldar, escolher o "terra" adequado para evitar que a corrente elétrica passe pelo rolamento.

DESCASCAMENTO: ocorre quando o rolamento atingiu o fim de sua vida útil. Contribui para o descascamento a aplicação de cargas inadequadas, as endentações, a ferrugem profunda, o arranhamento etc.

DESCASCAMENTO CAUSADO POR CORROSÃO PROFUNDA			
EXEMPLO ILUSTRATIVO	APARÊNCIA	CAUSA	CORREÇÃO
	Descascamento originário de dano por corrosão.	Corrosão profunda.	Trocar o rolamento.

TRINCAS			
TRINCAS PROVOCADAS POR TRATAMENTO GROSSEIRO			
EXEMPLO ILUSTRATIVO	APARÊNCIA	CAUSA	CORREÇÃO
	Trincas ou pedaços quebrados, geralmente em uma das faces do anel do rolamento.	Golpes com martelo ou punção temperado, diretamente no anel, durante a montagem do rolamento.	Usar sempre um punção mole e evitar a aplicação de golpes diretos no rolamento.

Exercícios

Assinale com X a alternativa correta.

Exercício 1

Que tipos de falhas em rolamentos são consideradas de estágio secundário?

a) ( ) dano por corrente elétrica e corrosão;
b) ( ) descascamento e arranhamento;
c) ( ) trincas e descascamento;
d) ( ) desgaste e endentações;
e) ( ) trincas e deterioração da superfície.

Exercício 2

A rotação do anel, em relação ao eixo ou à caixa, é causa de que tipo de falha?

a) ( ) desgaste causado por vibrações;
b) ( ) endentações;
c) ( ) arranhamento de topo de rolos e flanges de guia;
d) ( ) arranhamento de superfícies externas;
e) ( ) corrosão.

Exercício 3

Que correção deve ser feita para evitar a deterioração das superfícies dos rolamentos ?

a) ( ) melhorar a lubrificação;
b) ( ) corrigir o assentamento;
c) ( ) efetuar uma lubrificação mais adequada;
d) ( ) trocar o rolamento;
e) ( ) melhorar a vedação.

Exercício 4

Examine a figura e responda.

a) Qual o tipo de desgaste?
b) Quais as causas do desgaste?
c) Qual ação corretiva deve ser empregada?

AULA

21

Mancais de deslizamento

As máquinas da fábrica Xanadu estavam operando desde as 7 horas. Os operários encontravam-se contentes porque havia ocorrido um aumento da produção e todos tinham evoluído profissionalmente. O setor de manutenção da fábrica trabalhava direitinho, e naquele dia uma máquina estava sendo observada, em serviço, pelo Oséias, um mecânico de manutenção bastante dedicado e experiente.

Oséias observava detalhadamente os movimentos executados pelos vários elementos mecânicos da máquina; escutava os sons por ela produzidos; examinava amostras dos lubrificantes nela aplicados e constatou que um mancal de deslizamento, no qual um eixo girante se apoiava, aquecia-se de modo irregular, emitindo um som diferente dos demais mancais.

Como Oséias resolveu o problema? Aliás, será que os problemas apresentados pelos mancais de deslizamento são os mesmos dos mancais de rolamento?

Nesta aula, o tema da discussão enfocará os mancais de deslizamento.

Importância dos mancais em geral

O funcionamento das modernas máquinas depende, principalmente, do funcionamento perfeito dos mancais nelas existentes. A falha dos mancais, sejam eles de deslizamento ou de rolamento, é motivo suficiente para fazer as máquinas pararem de funcionar, causando prejuízos para a produção.

De fato, a condição ideal para se conseguir que uma determinada máquina ou equipamento trabalhe de acordo com suas características, implica a execução das seguintes ações:

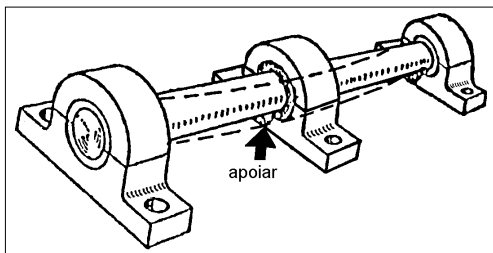
- cumprir fielmente as recomendações do fabricante no que diz respeito à manutenção da máquina ou equipamento.

- inspecionar as máquinas e equipamentos para detectar os elementos mecânicos, sujeitos aos danos, aplicando os princípios da manutenção preventiva.

As ações citadas permitirão que o mecânico de manutenção mantenha todos os elementos das máquinas e equipamentos funcionando plenamente, sem comprometer a produção da empresa. Salientemos que as ações exigem, do mecânico de manutenção, o domínio de vários conhecimentos, habilidades e atitudes. Salientemos, também, que quando se fala em elementos de máquinas, está se referindo aos componentes dos conjuntos mecânicos, entre os quais, os mancais.

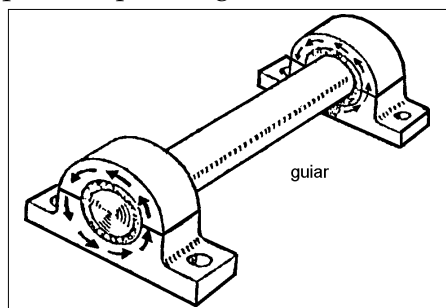
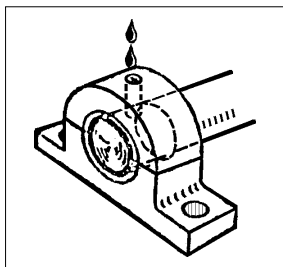
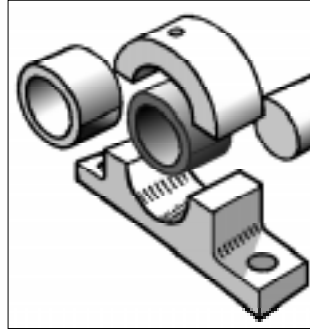
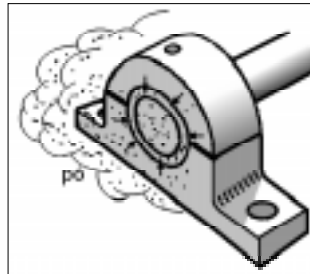
Função dos mancais de deslizamento e seus parâmetros de construção

A principal função dos mancais de deslizamento, existentes em máquinas e equipamentos, é servir de apoio e guia para os eixos girantes.

apoiar

Os mancais de deslizamento são elementos de máquinas sujeitos às forças de atrito. Tais forças surgem devido à rotação dos eixos que exercem cargas nos alojamentos dos mancais que os contêm.

A vida útil dos mancais de deslizamento poderá ser prolongada se alguns parâmetros de construção forem observados:

- os materiais de construção dos mancais de deslizamento deverão ser bem selecionados e apropriados a partir da concepção do projeto de fabricação. O projeto de fabricação deverá prever as facilidades para os trabalhos de manutenção e reposição, considerando as principais funções dos mancais de deslizamento que são apoiar e guiar os eixos.

guiar

- sendo elementos de máquinas sujeitos às forças de atrito, os mancais de deslizamento deverão apresentar um sistema de lubrificação eficiente. Lembremos que as forças de atrito geram desgastes e calor e, no caso dos mancais de deslizamento, opõem-se, também, ao deslocamento dos eixos.

- é importante que o projeto de construção dos mancais de deslizamento contemple a facilidade de desmontagem e troca de equipamentos, bem como a compatibilidade entre o dimensionamento dos mancais com as cargas que os sujeitarão.

- na construção de mancais de deslizamento, o projeto deverá levar em conta, além das funções próprias desses elementos, o meio ambiente no qual eles trabalharão. Normalmente, o ambiente no qual os mancais de deslizamento trabalham é cheio de poeira e outros resíduos ou impurezas.

Inspeção de mancais de deslizamento em máquinas operando

A inspeção de mancais de deslizamento em máquinas operando exige que o mecânico de manutenção conheça, previamente, o programa de inspeção. Além disso, o mecânico de manutenção deverá deter, previamente, as informações a respeito dos problemas, tais como: ruídos anormais, excesso de vibrações e gradiente de temperatura dos mancais.

Conhecendo previamente o programa de inspeção e de posse das informações a respeito dos problemas, o mecânico de manutenção deverá selecionar as ferramentas e os equipamentos a serem utilizados na manutenção. Após isso, todas as uniões dos mancais terão de ser examinadas quanto aos ruídos, aquecimento e vazamentos de lubrificante. Os eixos deverão ser inspecionados quanto às folgas e vibrações.

Freqüência das inspeções em mancais de deslizamento

A freqüência das inspeções em mancais de deslizamento depende, principalmente, das condições de trabalho que eles suportam, ou seja, da velocidade com que os eixos giram apoiados neles, da freqüência de lubrificação, das cargas que eles suportam e da quantidade de calor que eles geram. Essa quantidade de calor é avaliada pela temperatura do conjunto.

Para exemplificar a freqüência de inspeções em conjuntos que possuem mancais de deslizamento, observe os seguintes casos:

- mancais de eixos que sustentam polias: uma vez por mês;
- mancais de cabeçotes ou caixas de engrenagens: a cada vinte dias;
- mancais de apoio pequenos: uma a cada dois meses.

É importante salientar que os períodos estipulados para as inspeções podem variar de acordo com as condições de trabalho citadas anteriormente.

Limpeza de mancais de deslizamento

Os mancais desmontados devem ser lavados com querosene para dissolver o lubrificante usado e eliminar as impurezas.

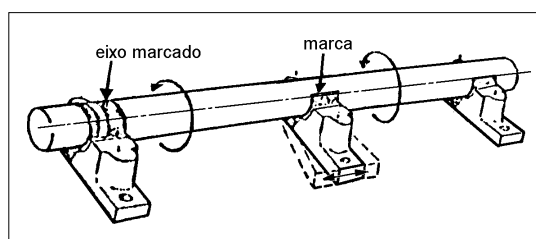
Após a lavagem dos mancais, eles deverão ser lubrificados com o mesmo tipo de lubrificante anteriormente usado, desde que esse tipo não seja o causador de algum provável dano.

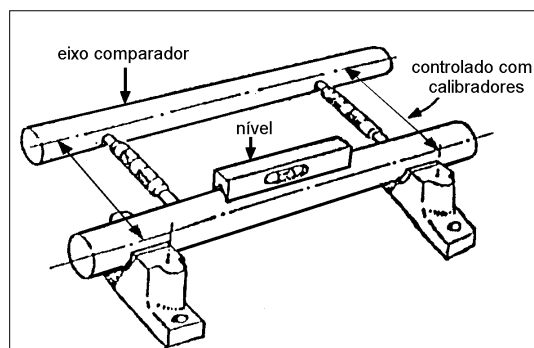
No local de funcionamento dos mancais, a limpeza deve ser contínua nas proximidades para eliminar os elementos estranhos que poderiam contaminar o lubrificante, tais como: água, partículas metálicas, pó, abrasivos, ácidos etc.

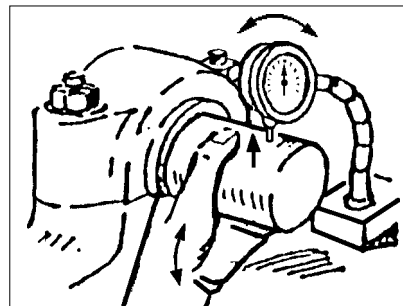
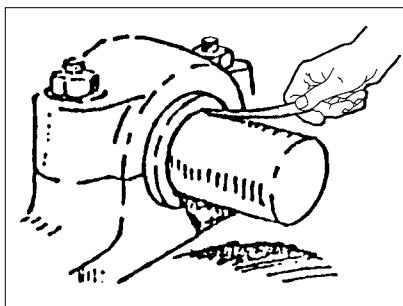
Alinhamento de mancais de deslizamento

O alinhamento de mancais de deslizamento pode ser obtido de dois modos:

a) Colocar o eixo sobre o mancal e fazer o eixo girar para que se possa observar as marcas provocadas pelo eixo contra o mancal. Quando os mancais estiverem alinhados, as marcas deverão ser uniformes.

eixo marcado
marca

b) Comparar o alinhamento do mancal com um eixo padrão, controlando o paralelismo com calibradores e o alinhamento horizontal com um nível de precisão.

eixo comparador
controlado com calibradores
nível

Controle da folga de mancais de deslizamento

Para o controle da folga de mancais de deslizamento, exige-se o posicionamento correto do conjunto mancal e eixo. O conjunto deverá girar livremente. O controle da folga entre o mancal e o eixo é feito com uma lâmina calibrada verificadora de folgas. O controle da folga, quando se exige maior precisão dimensional, pode ser efetuado com um relógio comparador.

Algumas vantagens e desvantagens dos mancais de deslizamento

O quadro a seguir mostra algumas vantagens e desvantagens dos mancais de deslizamento.

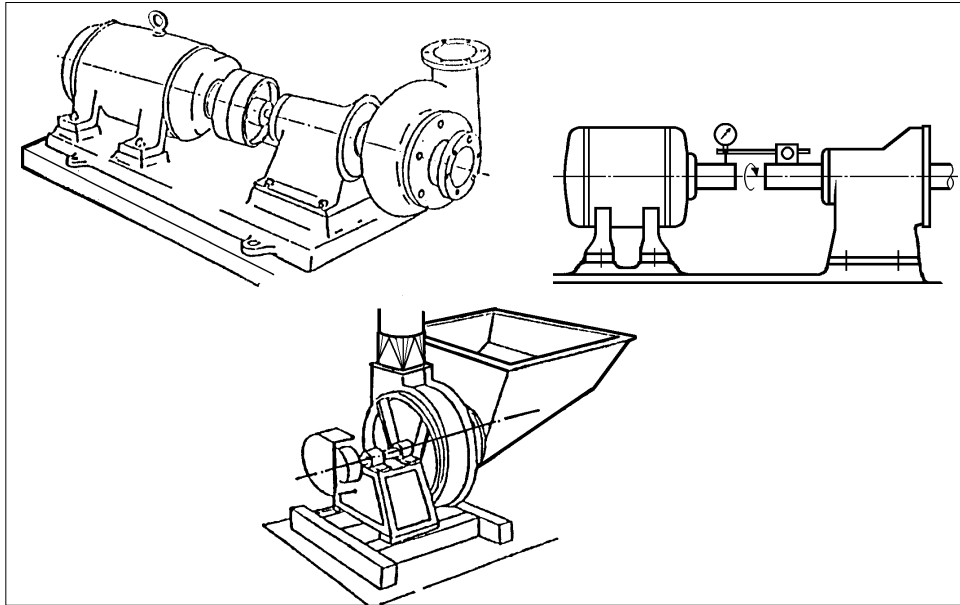
VANTAGENS	DESVANTAGENS
São simples de montar e desmontar.	Produzem altas temperaturas em serviço.
Adaptam-se facilmente às circunstâncias.	Provocam desgastes em buchas e eixos devido às deficiências de lubrificação.
Apresentam formatos de construção variados.	Provocam perda de rendimento devido ao atrito.
	Não permitem desalinhamentos.
	Exigem constantes lubrificações.

Alinhamento e controle dos eixos

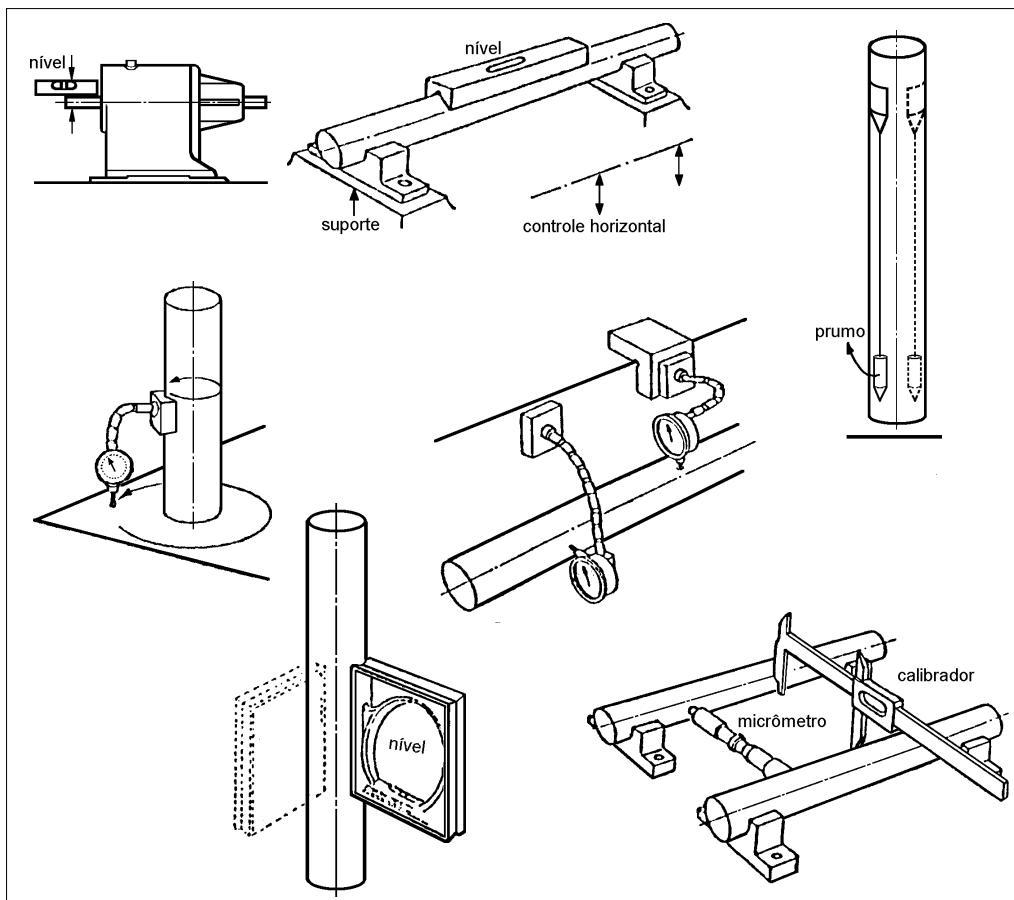
O controle e o alinhamento dos eixos visam determinar, com exatidão, a correta posição que eles devem assumir em condições de trabalho.

Quando se fala em alinhamento de eixos, deve-se levar em consideração a base de apoio das máquinas e equipamentos que os contêm. De fato, as máquinas e equipamentos existentes nas empresas, nos setores de produção, assentam-se, parcial ou totalmente, na maioria das vezes, em pisos concretados. O concreto tem a capacidade de evitar ou reduzir, ao mínimo, as vibrações e deslocamentos das máquinas e equipamentos.

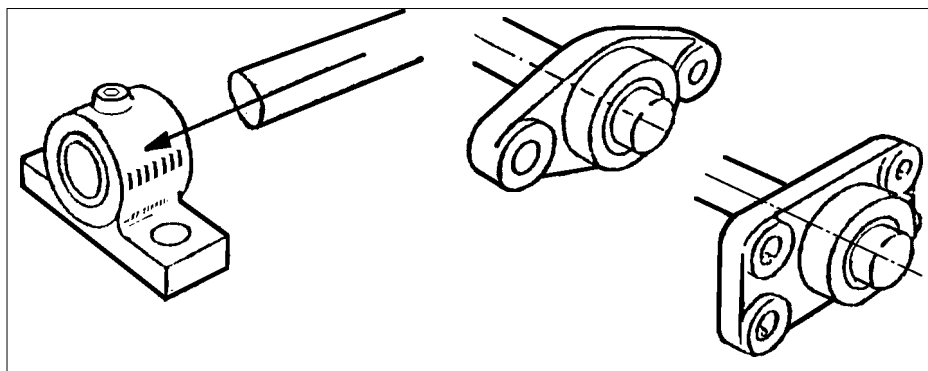
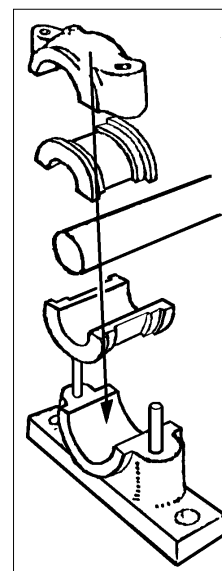
O nivelamento correto contribui para que não ocorram rupturas e desgastes desnecessários de muitos elementos das máquinas e equipamentos. Por exemplo, quando se instala uma bomba sobre uma base de apoio apenas cimentada, o nivelamento adequado é difícil de ser obtido. A bomba, nessas condições, trará problemas, mais cedo ou mais tarde.

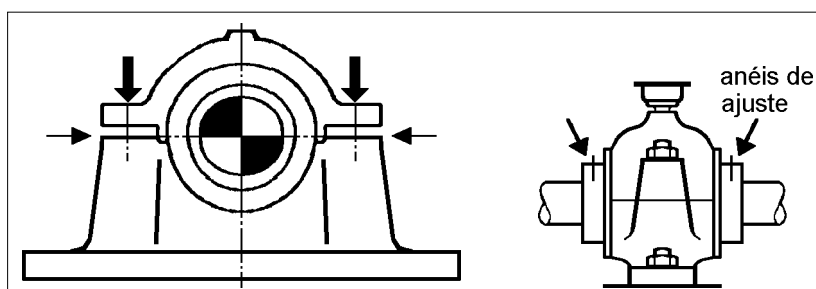
As figuras a seguir mostram exemplos de equipamentos que exigem o correto alinhamento dos eixos.

O alinhamento de eixos é feito de diversas maneiras, e os instrumentos e equipamentos utilizados na operação variam de acordo com o grau de exatidão requerido.

As ilustrações a seguir mostram a verificação do alinhamento de eixos.

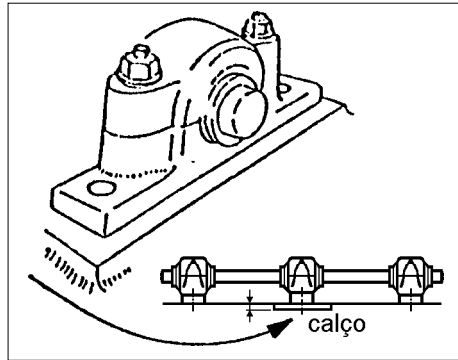
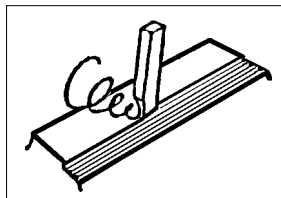
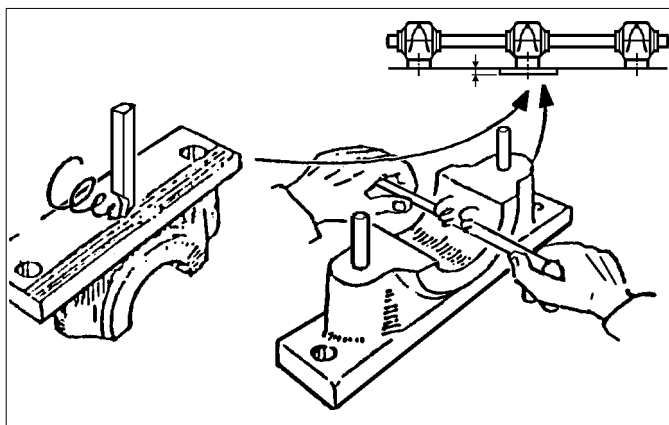
nível
nível
suporte
controle horizontal
prumo
calibrador
micrômetro
nível

Formas construtivas e ajustes de mancais de deslizamento simples

Os mancais de deslizamento apresentam as mais diversas formas construtivas. O formato desses mancais está vinculado a um determinado emprego ou a uma determinada condição específica de trabalho.

Os tipos mais simples de mancais de deslizamento são apresentados nas figuras seguintes. Eles não oferecem possibilidades de ajustes ou regulagens e a manutenção é efetuada com a troca da bucha de deslizamento.

No caso do mancal ilustrado ao lado, tem-se um mancal bipartido no qual se pode aplicar buchas inteiriças ou partidas. Nesse tipo de mancal, é comum a presença de uma folga entre a capa e a base para facilitar o ajuste do conjunto.

Nas ilustrações a seguir, temos outras formas construtivas de mancais de deslizamento. A primeira ilustração, à esquerda, mostra a possibilidade de deslocamento do eixo provocado pela ação de forças axiais nele atuantes. A outra ilustração apresenta uma solução construtiva que elimina a possibilidade de deslocamento do eixo com a aplicação de anéis de ajuste e travamento, colocados nas laterais do mancal.

anéis de ajuste

Em determinadas máquinas ou equipamentos que apresentam eixos longos transmissores de torque, são empregados mancais de deslizamento associados. Essa medida evita deformações, vibrações e outras irregularidades prejudiciais ao bom funcionamento do sistema.

De acordo com a situação de montagem encontrada, quando se fala em mancais de deslizamento e alinhamento de eixos, recomendam-se os seguintes procedimentos:

- Aumentar a altura dos calços com chapas ou lâminas.

- Rebaixar o material do assento do suporte do mancal.

- Rebaixar a base de apoio do mancal ao mínimo e ajustá-lo com o rasquete.

A adoção de qualquer um dos procedimentos citados exigirá, no final, o ajuste do mancal com rasquete; contudo, o importante é que o eixo gire perfeitamente.

Sempre que houver mais de dois mancais num sistema, o alinhamento deverá ser iniciado pelos mancais da extremidade e terminar nos mancais intermediários.

Exercícios

Exercício 1

Associe a coluna 1 com a coluna 2.

Coluna 1	Coluna 2
a) Limpeza de mancais de deslizamernto.	**1.** ( ) Velocidade, cargas e temperatura.
b) Alinhamento de eixos.	**2.** ( ) Atrito.
c) Desgastes de mancais e eixos.	**3.** ( ) Querosene.
d) Freqüência de inspeção.	**4.** ( ) Apoiar e guiar os eixos.
e) Função dos mancais de deslizamento.	

Exercício 2

Complete as lacunas das afirmativas a seguir:

a) O primeiro modo de se realizar o alinhamento de mancais de deslizamento consiste em colocar o .... sobre o mancal e girá-lo. As marcas deixadas entre as superfícies em contato devem ser ....

b) O alinhamento horizontal de mancais de deslizamento deve ser executado com o auxílio de um .... de precisão.

c) O controle da folga existente entre um eixo e um mancal de deslizamento deve ser feito com uma lâmina calibrada verificadora de folga ou por meio de um ...., quando se exigem maior precisão.

Exercício 3

Cite duas vantagens e duas desvantagens apresentadas pelos mancais de deslizamento.

Exercício 4

Qual a vantagem de se associar mancais em eixos longos que transmitem torque?

Eixos e correntes

Uma máquina em processo de manutenção preventiva apresentava vários eixos e algumas correntes, além de mancais que necessitavam de reparos. Entre os eixos, um cônico e um roscado exibiam desgastes excessivos. Entre as correntes, uma de roletes e outra de elos livres estavam chicoteando.

Como o mecânico de manutenção deverá proceder para reparar os defeitos citados acima?

O tema desta aula trata de eixos e correntes; suas funções características; danos típicos e como fazer a manutenção desses elementos de máquinas.

Eixos

Eixos são elementos mecânicos utilizados para articular um ou mais elementos de máquinas. Quando móveis, os eixos transmitem potência por meio do movimento de rotação.

Constituição dos eixos

A maioria dos eixos são construídos em aço com baixo e médio teores de carbono. Os eixos com médio teor de carbono exigem um tratamento térmico superficial, pois estarão em contato permanente com buchas, rolamentos e materiais de vedação.

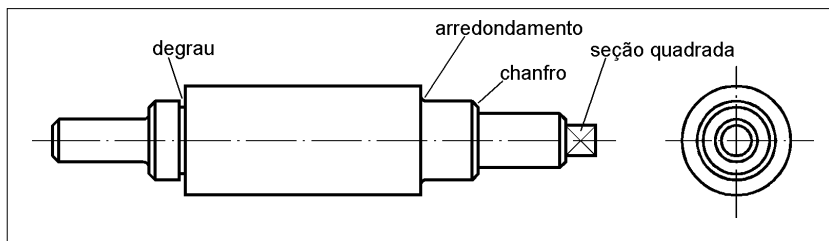
Existem eixos fabricados com aços-liga, altamente resistentes.

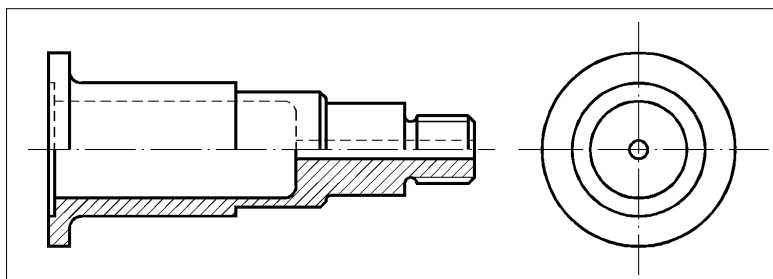
Classificação dos eixos

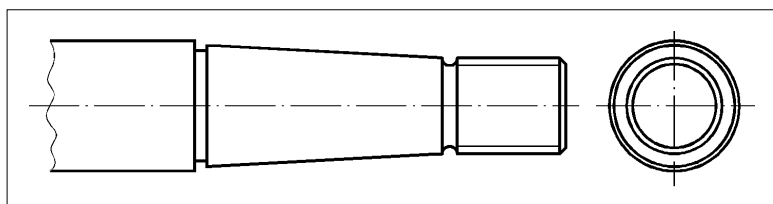
Quanto à seção transversal, os eixos são circulares e podem ser maciços, vazados, cônicos, roscados, ranhurados ou flexíveis.

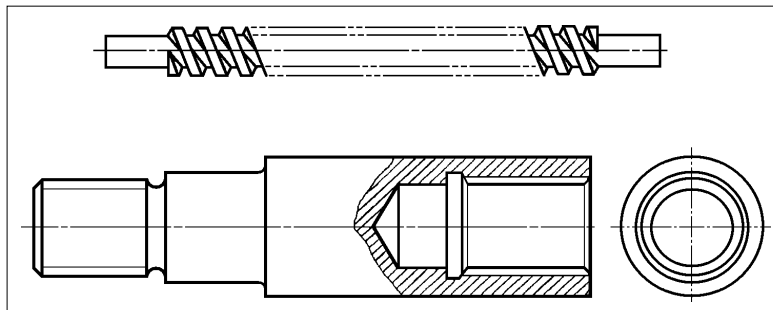
Eixos maciços

Apresentam a seção transversal circular e maciça, com degraus ou apoios para ajuste das peças montadas sobre eles. Suas extremidades são chanfradas para evitar o rebarbamento e suas arestas internas são arredondadas para evitar a concentração de esforços localizados.

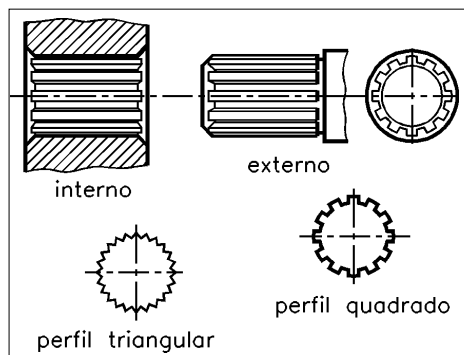
degrau
arredondamento
chanfro
seção quadrada

Eixos vazados

São mais resistentes aos esforços de torção e flexão que os maciços. Empregam-se esses eixos quando há necessidade de sistemas mais leves e resistentes, como os motores de aviões.

Eixos cônicos

Devem ser ajustados num componente que possua furo de encaixe cônico. A parte ajustável tem formato cônico e é firmemente fixada por meio de uma porca. Uma chaveta é utilizada para evitar a rotação relativa.

Eixos roscados

Possuem algumas partes roscadas que podem receber porcas capazes de prenderem outros componentes ao conjunto.

Eixos ranhurados

Apresentam uma série de ranhuras longitudinais em torno de sua circunferência. As ranhuras engrenam-se com os sulcos correspondentes das peças a serem montadas neles. Os eixos ranhurados são utilizados quando é necessário transmitir grandes esforços.

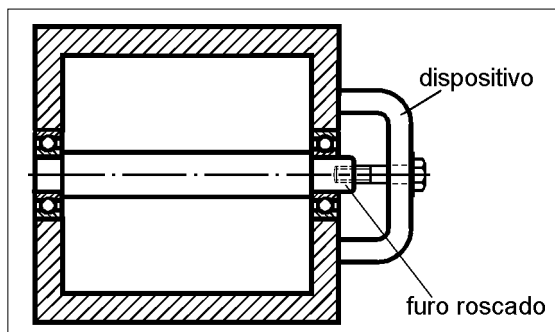
interno
externo
perfil triangular
perfil quadrado

Eixos flexíveis

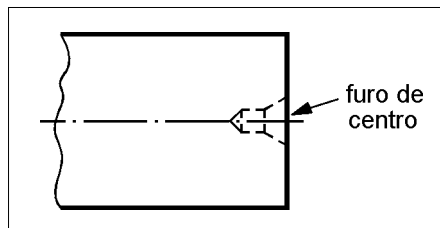
Consistem em uma série de camadas de arame de aço enrolado alternadamente em sentidos opostos e apertado fortemente. O conjunto é protegido por meio de um tubo flexível, e a união com o motor é feita com uma braçadeira especial munida de rosca. Os eixos flexíveis são empregados para transmitir movimento a ferramentas portáteis que operam com grandes velocidades e com esforços não muito intensos.

Desmontagem de eixos

A desmontagem de eixos é aparentemente simples e fácil, porém exige os seguintes cuidados:

- Verificar a existência de elementos de fixação (anéis elásticos, parafusos, pinos cônicos, pinos de posicionamento e chavetas) e retirá-los antes de sacar o eixo.
- Verificar se existe, na face do eixo, um furo com rosca. O furo é construído para facilitar a desmontagem do eixo por meio de um dispositivo para sacá-lo.

dispositivo
furo roscado

- Nunca bater com martelo na face do eixo. As pancadas provocam encabeçamento, não deixando que o eixo passe pelo mancal, além de produzir danos no furo de centro. Danos no furo de centro impedem posteriores usinagens, onde seria fixado à máquina (torno, retificadora cilíndrica e fresadora) entrepontas.

furo de
centro

- Se realmente for necessário bater no eixo para sacá-lo, recomenda-se usar um material protetor e macio como o cobre para receber as pancadas, cuidando para não bater nas bordas do eixo.
- Após a desmontagem, o eixo deverá ser guardado em local seguro para não sofrer empenamentos ou outros danos, especialmente se o eixo for muito comprido.

Montagem de eixos

A montagem de eixos exige atenção, organização e limpeza rigorosa. Além desses fatores, os seguintes cuidados deverão ser observados:

- Efetuar limpeza absoluta do conjunto e do eixo para diminuir o desgaste por abrasão.
- Não permitir a presença de nenhum arranhão no eixo para não comprometer seu funcionamento e não provocar danos no mancal.
- Colocar os retentores cuidadosamente para não provocar desgastes no eixo e vazamentos de lubrificante.
- Não permitir a presença de nenhuma rebarba no eixo.
- Verificar se as tolerâncias das medidas do eixo estão corretas usando paquímetro ou micrômetro.
- Pré-lubrificar todas as peças para que elas não sofram desgastes até o instante da chegada do lubrificante quando a máquina for posta para funcionar.

Danos típicos sofridos pelos eixos

Os eixos sofrem dois tipos de danos: **quebra** e **desgaste**.

A quebra é causada por sobrecarga ou fadiga. A sobrecarga é o resultado de um trabalho realizado além da capacidade de resistência do eixo. A fadiga é a perda de resistência sofrida pelo material do eixo, devido às solicitações no decorrer do tempo.

O desgaste de um eixo é causado pelos seguintes fatores:

- engripamento do rolamento;
- óleo lubrificante contaminado;
- excesso de tensão na correia, no caso de eixos-árvore acionados por correias;
- perda de dureza por superaquecimento;
- falta de lubrificante.

Correntes

Correntes são elementos de máquinas destinadas a transmitir movimentos e potência onde as engrenagens e correias não podem ser utilizadas.

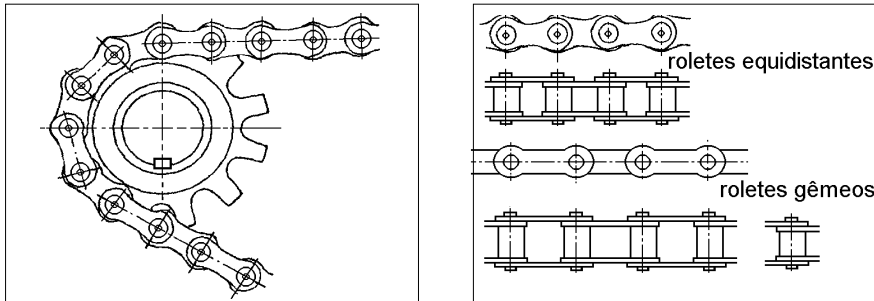
Tipos de corrente

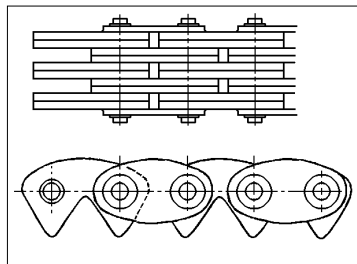
Os tipos de corrente mais utilizados são: corrente de roletes, corrente de elos livres, corrente comum ou cadeia de elos.

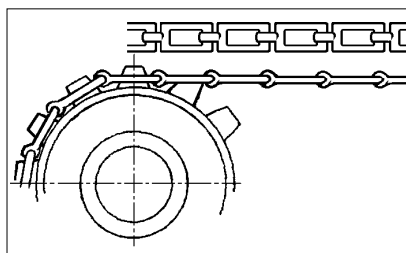
Corrente de roletes

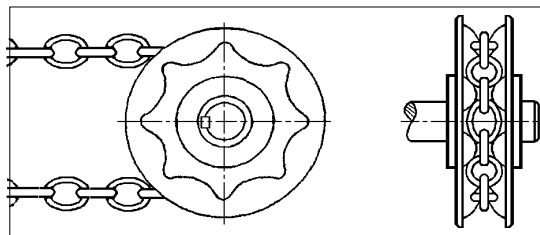
A corrente de roletes é semelhante à corrente de bicicleta. Ela pode possuir roletes eqüidistantes e roletes gêmeos, e é aplicada em transmissões quando não são necessárias rotações muito elevadas.

roletes equidistantes

roletes gêmeos

Corrente de dentes

A corrente de dentes é usada para transmissões de altas rotações, superiores às permitidas nas correntes de rolete.

Corrente de elos livres

A corrente de elos livres é uma corrente especial, usada em esteiras transportadoras. Só pode ser empregada quando os esforços forem pequenos.

Corrente comum ou cadeia de elos

A corrente comum ou cadeia de elos possui elos formados de vergalhões redondos soldados. Esse tipo de corrente é usado para a suspensão de cargas pesadas.

Danos típicos das correntes

Os erros de especificação, instalação ou manutenção podem fazer com que as correntes apresentem vários defeitos. O quadro a seguir mostra os principais defeitos apresentados pelas correntes e suas causas.

DEFEITOS	CAUSAS
Excesso de ruído	desalinhamento; folga excessiva; falta de folga; lubrificação inadequada; mancais soltos; desgaste excessivo da corrente ou das rodas dentadas; passo grande demais.
Mau assentamento entre a corrente e as rodas dentadas	rodas fora de medida; desgaste; abraço insuficiente; folga excessiva; depósito de materiais entre os dentes da roda.
Chicoteamento ou vibração da corrente	folga excessiva; carga pulsante; articulações endurecidas; desgaste desigual.
Endurecimento (engripamento da corrente)	lubrificação deficiente; corrosão; sobrecarga; depósito de materiais nas articulações; recalcamento das quinas dos elos; desalinhamento.
Quebra de pinos, buchas ou roletes	choques violentos; velocidade excessiva; depósito de materiais nas rodas; lubrificação deficiente; corrosão; assentamento errado da corrente sobre as rodas.
Superaquecimento	excesso de velocidade; lubrificação inadequada; atrito contra obstruções e paredes.
Queda dos pinos	vibrações; pinos mal instalados.
Quebra dos dentes das rodas	choques violentos; aplicação instantânea de carga; velocidade excessiva; depósito de material nas rodas; lubrificação deficiente; corrosão; assentamento errado da corrente nas rodas; material da roda inadequado para a corrente e o serviço.

Manutenção das correntes

Para a perfeita manutenção das correntes, os seguintes cuidados deverão ser tomados:

- lubrificar as correntes com óleo, por meio de gotas, banho ou jato;
- inverter a corrente, de vez em quando, para prolongar sua vida útil;
- nunca colocar um elo novo no meio dos gastos;
- não usar corrente nova em rodas dentadas velhas;
- para efetuar a limpeza da corrente, lavá-la com querosene;
- enxugar a corrente e mergulhá-la em óleo, deixando escorrer o excesso;
- armazenar a corrente coberta com uma camada de graxa e embrulhada em papel;
- medir ocasionalmente o aumento do passo causado pelo desgaste de pinos e buchas.
- medir o desgaste das rodas dentadas;
- verificar periodicamente o alinhamento.

Exercícios

Assinale com X a alternativa correta.

Exercício 1

Em montagens com rolamentos ou materiais de vedação, a superfície do eixo deverá, necessariamente:

a) ( ) apresentar canal de lubrificação;

b) ( ) ter sofrido um tratamento térmico adequado;

c) ( ) apresentar ranhuras em toda a extensão;

d) ( ) ter uma camada superficial de metal não-ferroso;

e) ( ) ser constituída de aço-liga.

Exercício 2

A finalidade do furo com rosca na face de um eixo é:

a) ( ) aliviar o seu peso;

b) ( ) permitir a fixação de componentes;

c) ( ) facilitar sua desmontagem;

d) ( ) facilitar a fixação da máquina;

e) ( ) diminuir a presença das forças de atrito.

Exercício 3

O uso de correntes é indicado quando não é possível usar:

a) ( ) óleo como lubrificante;

b) ( ) engrenagens e correias;

c) ( ) querosene para a limpeza;

d) ( ) piso de concreto para o assentamento da máquina;

e) ( ) paquímetros e micrômetros para o nivelamento.

Exercícios

Exercício 4

Assinale **V** para as afirmativas verdadeiras e **F** para as falsas.

a) ( ) Os eixos vazados são pouco resistentes aos esforços de torção.

b) ( ) Os eixos ranhurados apresentam uma série de ranhuras transversais.

c) ( ) Eixos flexíveis são utilizados, por exemplo, em ferramentas portáteis.

d) ( ) Marteladas na face de um eixo facilitam sua entrada em mancais.

e) ( ) Os eixos devem estar isentos de rebarbas na hora da montagem.

f) ( ) Trena e metro articulado são instrumentos de medida utilizados para verificar a tolerância dimensional de eixos.

g) ( ) O desgaste de um eixo pode ser causado por falta de lubrificação.

h) ( ) A corrente comum possui elos formados de vergalhões soldados.

i) ( ) A corrente de dentes é utilizada em esteiras transportadoras.

j) ( ) Sobrecarga pode ser uma das causas do endurecimento de correntes.

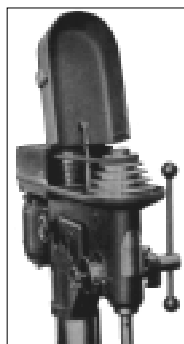
l) ( ) A quebra de pinos, buchas ou roletes de correntes podem ser causadas por velocidade excessiva.

AULA

23

Polias e correias I

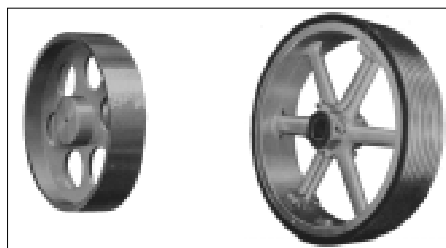
O número de rotações por minuto (rpm) executado por uma furadeira de coluna não estava compatível com a necessidade exigida pelo trabalho. O número de rotações desenvolvido pela broca era muito baixo e variava, apesar de Dimas, o operador, ter colocado corretamente a correia nas polias.

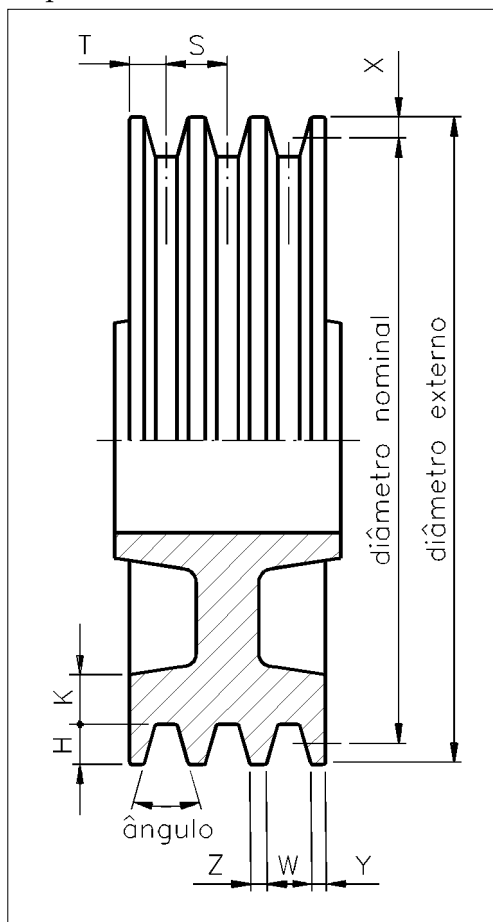
Dimas chamou Ernesto, o mecânico de manutenção da empresa, mostrou a ele o problema e Ernesto, muito experiente, abriu a tampa da caixa de proteção das polias e correia e examinou o conjunto.

Notou, de imediato, que a correia apresentava desgastes e que uma polia precisava de reparos. Com Dimas observando, Ernesto resolveu o problema, e a furadeira voltou a funcionar como antes.

Como Ernesto resolveu o problema da correia e da polia?

Polias e correias é o tema desta aula.

Polias

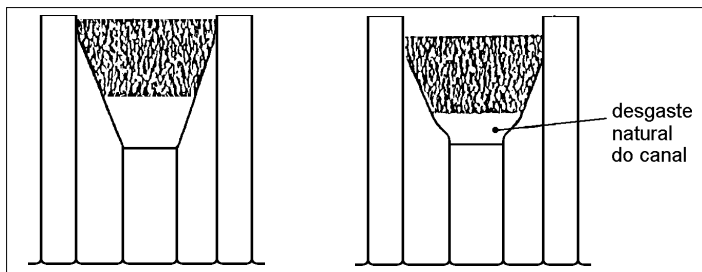
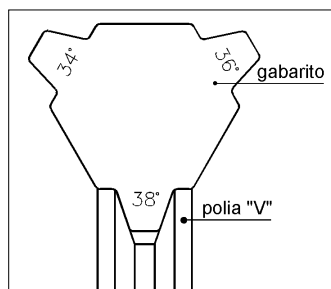
Polias são elementos mecânicos circulares, com ou sem canais periféricos, acoplados a eixos motores e movidos por máquinas e equipamentos. As polias, para funcionar, necessitam da presença de vínculos chamados correias. Quando em funcionamento, as polias e correias podem transferir e/ou transformar movimentos de um ponto para outro da máquina. Sempre haverá transferência de força.

As polias são classificadas em dois grupos: planas e trapezoidais. As polias trapezoidais são conhecidas pelo nome de polias em "V" e são as mais utilizadas em máquinas.

A figura abaixo e a tabela a seguir dão os parâmetros dos dimensionamentos normalizados para as polias em "V".

ELEMENTOS NORMALIZADOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS POLIAS EM "V"											
PERFIL PADRÃO DA CORREIA	DIÂMETRO EXTERNO DA POLIA (mm)	ÂNGULO DO CANAL	MEDIDAS EM MILÍMETROS								
			T	**S**	**W**	**Y**	**Z**	**H**	**K**	**X**
A	de 75 a 120 de 125 a 190 acima de 200	34° 36° 38°	9,5	15	13	3	2	13	5	5
B	de 125 a 170 de 180 a 270 acima de 280	34° 36° 38°	11,5	19	17	3	2	17	6,5	6,25
C	de 200 a 350 acima de 350	36° 38°	15,25	25,5	22,5	4	3	22	9,5	8,25
D	de 300 a 450 acima de 450	36° 38°	22	36,5	32	6	4,5	28	12,5	11
E	de 485 a 630 acima de 630	36° 38°	27,25	44,5	38,5	8	6	33	16	13

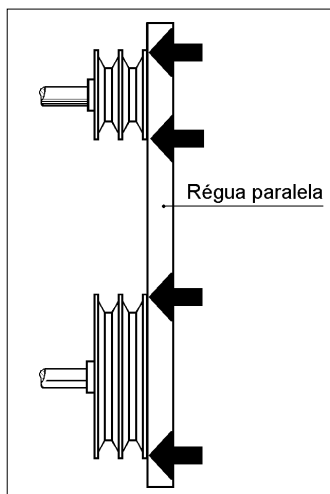
Cuidados exigidos com polias em "V"

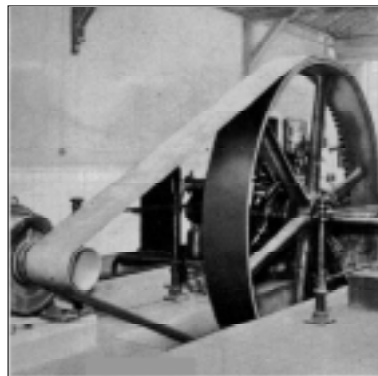
As polias, para funcionarem adequadamente, exigem os seguintes cuidados:

- não apresentar desgastes nos canais;
- não apresentar as bordas trincadas, amassadas, oxidadas ou com porosidade;
- apresentar os canais livres de graxa, óleo ou tinta e corretamente dimensionados para receber as correias.

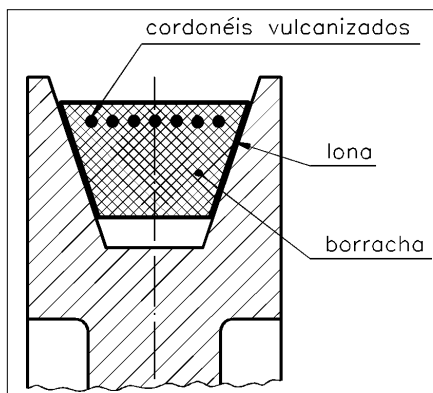
Observe as ilustrações seguintes. À esquerda, temos uma correia corretamente assentada no canal da polia. Note que a correia não ultrapassa a linha do diâmetro externo da polia nem toca no fundo do canal. À direita, por causa do desgaste sofrido pelo canal, a correia assenta-se no fundo. Nesse último caso, a polia deverá ser substituída para que a correia não venha a sofrer desgastes prematuros.

A verificação do dimensionamento dos canais das polias deve ser feita com o auxílio de um gabarito contendo o ângulo dos canais.

Alinhamento de polias

Além dos cuidados citados anteriormente, as polias em "V" exigem alinhamento. Polias desalinhadas danificam rapidamente as correias e forçam os eixos aumentando o desgaste dos mancais e os próprios eixos.

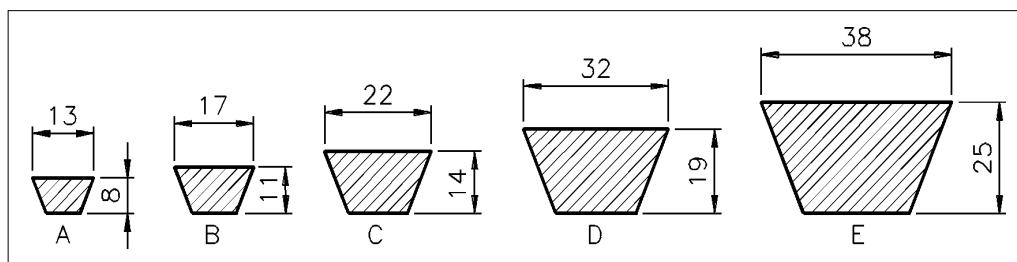
É recomendável, para fazer um bom alinhamento, usar uma régua paralela fazendo-a tocar toda a superfície lateral das polias, conforme mostra a figura.

Correias

As correias são elementos de máquinas cuja função é manter o vínculo entre duas polias e transmitir força. As mais utilizadas são as planas e as trapezoidais. As correias trapezoidais também são conhecidas pelo nome de correias em "V".

Os materiais empregados na fabricação de correias são os seguintes: borracha; couro; materiais fibrosos e sintéticos à base de algodão, viscose, perlon, náilon e materiais combinados à base de couro e sintéticos.

A grande maioria das correias utilizadas em máquinas industriais são aquelas constituídas de borracha revestida de lona. Essas correias apresentam cordonéis vulcanizados em seu interior para suportarem as forças de tração.

cordonéis vulcanizados
lona
borracha

Existem cinco perfis principais padronizados de correias em "V" para máquinas industriais e três perfis, chamados fracionários, usados em eletrodomésticos. Cada um deles tem seus detalhes, que podem ser vistos nos catálogos dos fabricantes.

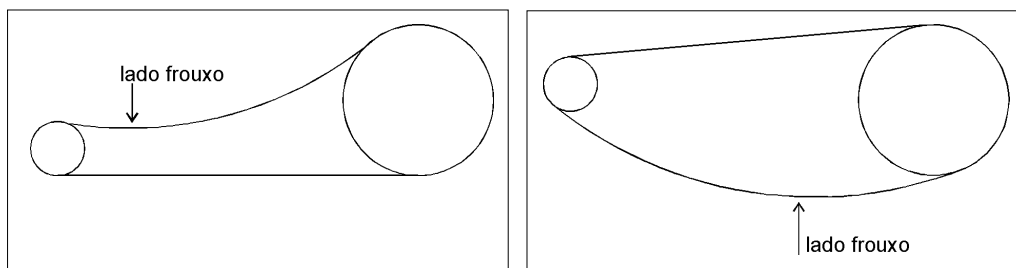
No caso das correias em "V", para máquinas industriais, seus perfis, com as suas respectivas dimensões, encontram-se ilustrados a seguir.

13 8 A
17 11 B
22 14 C
32 19 D
38 25 E

As correias em "V" com perfis maiores são utilizadas para as transmissões pesadas, e as com perfis menores para as transmissões leves. O uso de correias com perfis menores, em transmissões pesadas, é contraproducente, pois exige a presença de muitas correias para que a capacidade de transmissão exigida seja alcançada.

Colocação de correias

Para colocar uma correia vinculando uma polia fixa a uma móvel, deve-se recuar a polia móvel aproximando-a da fixa. Esse procedimento facilitará a colocação da correia sem perigos de danificá-la.

Não se recomenda colocar correias forçando-as contra a lateral da polia ou usar qualquer tipo de ferramenta para forçá-la a entrar nos canais da polia. Esses procedimentos podem causar o rompimento das lonas e cordonéis das correias.

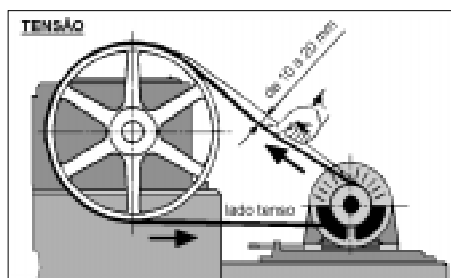
Após montar as correias nos respectivos canais das polias e, antes de tensioná-las, deve-se girá-las manualmente para que seus lados frouxos fiquem sempre para cima ou para baixo, pois se estiverem em lados opostos o tensionamento posterior não será uniforme.

Tensionamento de correias

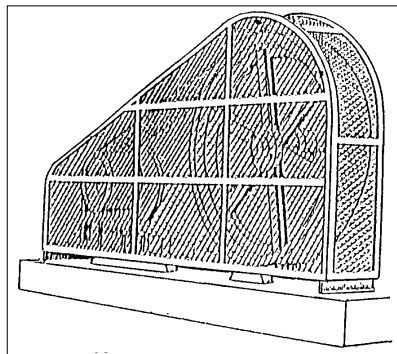
O tensionamento de correias exige a verificação dos seguintes parâmetros:

- tensão ideal: deve ser a mais baixa possível, sem que ocorra deslizamento, mesmo com picos de carga;
- tensão baixa: provoca deslizamento e, conseqüentemente, produção de calor excessivo nas correias, ocasionando danos prematuros;
- tensão alta: reduz a vida útil das correias e dos rolamentos dos eixos das polias.

Na prática, para verificar se uma correia está corretamente tensionada, bastará empurrá-la com o polegar, de modo tal que ela se flexione aproximadamente entre 10 mm e 20 mm conforme ilustrado a seguir.

AULA

23

Proteção de sistemas

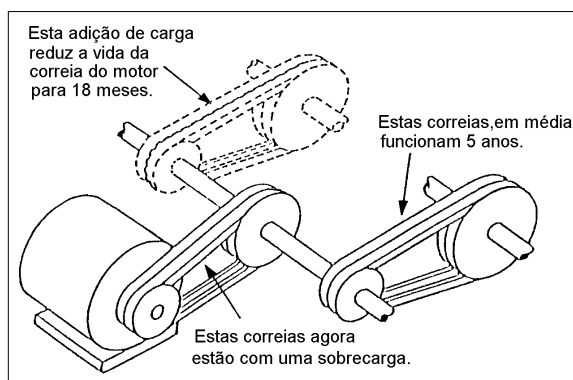
Todo sistema que trabalha com transmissão de correias deve ser devidamente protegido para evitar acidentes. Os tipos de proteção mais adequados são aqueles que permitem a passagem do ar para uma boa ventilação e dissipação do calor. Aconselha-se a colocação de telas ou grades de aço para essas proteções.

Deve-se verificar periodicamente se as malhas das telas estão limpas e se as telas não estão em contato direto com o sistema .

Adição de cargas

Um sistema de transmissão por correias deve ser calculado adequadamente. Quando se adiciona carga ao sistema já existente, encurta-se a vida útil das correias, conforme comentários mostrados na ilustração.

Esta adição de carga reduz a vida da correia do motor para 18 meses.

Estas correias,em média, funcionam 5 anos.

Estas correias agora estão com uma sobrecarga.

Manutenção das correias em "V"

A primeira recomendação para a manutenção das correias em "V" é mantê-las sempre limpas. Além disso, devem ser observados os seguintes requisitos:

- Nas primeiras 50 horas de serviço, verificar constantemente a tensão e ajustá-la, se necessário, pois nesse período as correias sofrem maiores esticamentos.
- Nas revisões de 100 horas, verificar a tensão, o desgaste que elas sofreram e o desgaste das polias.
- Se uma correia do jogo romper, é preferível trabalhar com uma correia a menos do que trocá-la por outra, até que se possa trocar todo o jogo. Não é aconselhável usar correias novas junto às velhas. As velhas, por estarem lasseadas, sobrecarregam as novas.

- Jogos de correias deverão ser montados com correias de uma mesma marca. Esse cuidado é necessário porque correias de marcas diferentes apresentam desempenhos diferentes, variando de fabricante para fabricante.
- Tomar cuidado para que o protetor das correias nunca seja removido enquanto a máquina estiver em operação.
- Nunca tentar remendar uma correia em "V" estragada.

Exercícios

Complete as lacunas das frases.

Exercício 1

Polias são elementos mecânicos............................, com ou sem .... periféricos, acoplados a eixos motores e movidos de máquinas e equipamentos.

Exercício 2

As polias classificam-se em .... e ....

Exercício 3

As polias trapezoidais também são conhecidas pelo nome de polias em ....

Exercício 4

As polias não devem apresentar desgastes nos canais e nem estarem com as ....amassadas, ... ou com porosidade.

Exercício 5

Polias desalinhadas danificam rapidamente as........................ e forçam os eixos, aumentando o desgaste deles.

Exercício 6

Assinale **V** para as afirmativas verdadeiras e **F** para as falsas.

a) ( ) A função das correias é manter o vínculo entre polias e transmitir força.
b) ( ) As correias podem ser fabricadas com plástico rígido do tipo PVC.
c) ( ) As correias industriais, normalmente, são feitas de borracha revestida de lona.
d) ( ) Correias em "V", com perfis maiores, são excelentes para transmissões leves.
e) ( ) O deslizamento de uma correia em "V", dentro de um canal, é causado por um baixo tensionamento da própria correia.

AULA

24

Polias e correias II

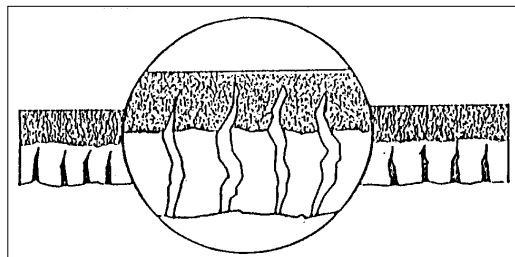
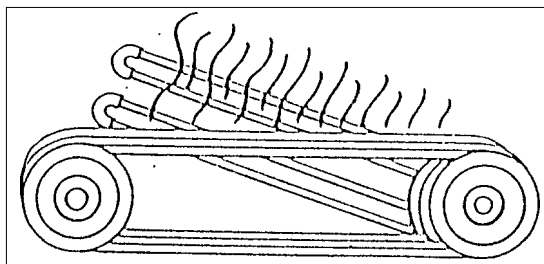
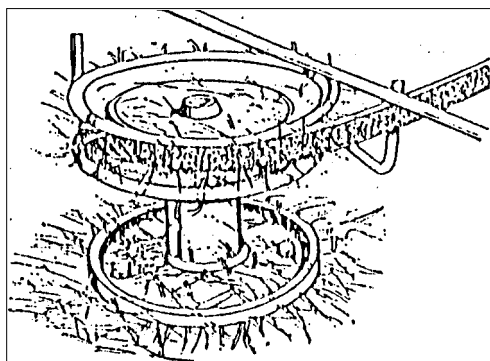
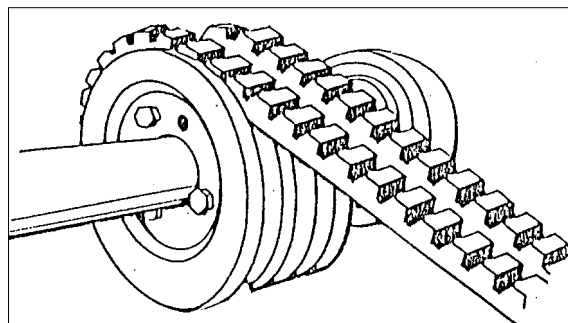
Um mecânico de manutenção foi encarregado de verificar o estado das correias de três máquinas operatrizes: uma furadeira de coluna; um torno mecânico convencional e uma plaina limadora. A correia da furadeira estava com rachaduras, a do torno tinha as paredes laterais gastas e a da plaina limadora apresentava vibrações excessivas.

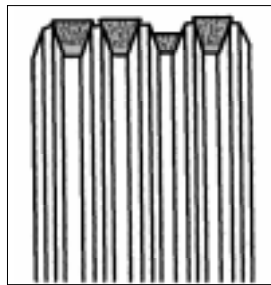
Como o técnico solucionou os problemas? Quais as causas de tantos problemas?

Nesta aula estudaremos os danos típicos que as correias sofrem, suas prováveis causas e as soluções recomendadas para resolver os problemas das correias. Estudaremos, também, as vantagens das transmissões com correias em "V".

Danos típicos das correias

As correias, inevitavelmente, sofrem esforços durante todo o tempo em que estiverem operando, pois estão sujeitas às forças de atrito e de tração. As forças de atrito geram calor e desgaste, e as forças de tração produzem alongamentos que vão lasseando-as. Além desses dois fatores, as correias estão sujeitas às condições do meio ambiente como umidade, poeira, resíduos, substâncias químicas, que podem agredi-las.

Um dano típico que uma correia pode sofrer é a rachadura. As causas mais comuns deste dano são: altas temperaturas, polias com diâmetros incompatíveis, deslizamento durante a transmissão, que provoca o aquecimento, e poeira. As rachaduras reduzem a tensão das correias e, conseqüentemente, a sua eficiência.

Outro dano típico sofrido pelas correias é sua fragilização. As causas da fragilização de uma correia são múltiplas, porém o excesso de calor é uma das principais. De fato, sendo vulcanizadas, as correias industriais suportam temperaturas compreendidas entre 60°C e 70°C, sem que seus materiais de construção sejam afetados; contudo temperaturas acima desses limites diminuem sua vida útil. Correias submetidas a temperaturas superiores a 70°C começam a apresentar um aspecto pastoso e pegajoso.

Um outro dano que as correias podem apresentar são os desgastes de suas paredes laterais. Esses desgastes indicam derrapagens constantes, e os motivos podem ser sujeira excessiva, polias com canais irregulares ou falta de tensão nas correias. Materiais estranhos entre a correia e a polia podem ocasionar a quebra ou o desgaste excessivo. A contaminação por óleo também pode acelerar a deterioração da correia.

Outros fatores podem causar danos às correias, como desalinhamento do sistema; canais das polias gastos e vibrações excessivas. Em sistemas desalinhados, normalmente, as correias se viram nos canais das polias. O emprego de polias com canais mais profundos é uma solução para minimizar o excesso de vibrações.

Um outro fator que causa danos tanto às correias quanto às polias é o desligamento entre esses dois elementos de máquinas. Os danos surgem nas seguintes situações: toda vez que as correias estiverem gastas e deformadas pelo trabalho; quando os canais das polias estiverem desgastados pelo uso e quando o sistema apresentar correias de diferentes fabricantes.

Os danos poderão ser sanados com a eliminação do fator que estiver prejudicando o sistema de transmissão, ou seja, as polias ou o jogo de correias.

É possível resumir os danos que as correias podem sofrer tabelando os problemas, suas causas prováveis e soluções recomendadas.

PROBLEMAS COM CORREIAS	CAUSAS	SOLUÇÕES
Perda da cobertura e inchamento.	Excesso de óleo.	Lubrificar adequadamente; limpar polias e correias.
Rachaduras	Exposição ao tempo	Proteger; trocar as correias
Cortes	Contato forçado contra a polia; obstrução; contato com outros materiais.	Instalar adequadamente; verificar o comprimento da correia; remover obstrução.
Derrapagem na polia	Tensão insuficiente; polia movida presa.	Tensionar adequadamente; limpar e soltar a polia presa.
Camada externa (envelope) gasta.	Derrapagens constantes; sujeira excessiva.	Tensionar adequadamente; alinhar o sistema; proteger.
Envelope gasto desigualmente.	Polias com canais irregulares.	Trocar as polias; limpar e corrigir a polia.
Separação de componentes.	Polia fora dos padrões; tensão excessiva.	Redimensionar o sistema; instalar adequadamente.
Cortes laterais.	Polia fora dos padrões.	Redimensionar o sistema.
Rompimento.	Cargas momentâneas excessivas; material estranho.	Instalar adequadamente; operar adequadamente; proteger.
Deslizamento ou derrapagem	Polias desalinhadas; polias gastas; vibração excessiva.	Alinhar o sistema; trocar as polias.
Endurecimento e rachaduras prematuras.	Ambiente com altas temperaturas.	Providenciar ventilação.
Correias com squeal (chiado).	Cargas momentâneas excessivas.	Tensionar adequadamente.
Alongamento excessivo.	Polias gastas; tensão excessiva; sistema insuficiente (quantidades de correias; tamanhos).	Trocar as polias; tensionar adequadamente; verificar se a correia está correta em termos de dimensionamento.
Vibração excessiva	Tensão insuficiente; cordonéis danificados.	Tensionar adequadamente; trocar as correias.
Correias muito longas ou muito curtas na instalação.	Correias erradas; sistema incorreto; esticador insuficiente.	Colocar correias corretas; verificar equipamentos.
Jogo de correias malfeito na instalação.	Polias gastas; mistura de correias novas com velhas; polias sem paralelismo; correias com marcas diferentes.	Trocar as polias; trocar as correias; alinhar o sistema; usar somente correias novas; usar correias da mesma marca.

Vantagens das transmissões com correias em "V"

VANTAGENS	OBSERVAÇÕES
Desembaraço do espaço	Com as correias em "V", a distância entre os eixos pode ser tão curta quanto as polias o permitam. As polias loucas são eliminadas do sistema.
Baixo custo de manutenção	Um equipamento acionado por correias em "V" não requer a atenção constante do mecânico de manutenção.
Absorvem choques	Poupando a máquina, as correias em "V" absorvem os choques produzidos por engrenagens, êmbolos, freios etc.
São silenciosas	Podem ser usadas em hospitais, auditórios, escritórios e instalações similares, por não possuírem emendas ou grampos e trabalharem suavemente.
Não patinam facilmente	Por sua forma trapezoidal, as correias em "V" aderem perfeitamente às paredes inclinadas das polias e asseguram velocidades constantes, dispensando o uso de pastas adesivas, que sujam as máquinas e o piso.
Poupam mancais	Funcionando com baixa-tensão, não trazem sobrecargas aos mancais.
Instalação fácil	As correias em "V"oferecem maior facilidade de instalação que as correias comuns, podendo trabalhar sobre polias de aros planos, quando a relação de transmissão for igual ou superior a 1:3. Nessa condição, a polia menor será sempre ranhurada.
Alta resistência à tração e flexão	Apresentam longa durabilidade e permitem trabalhos ininterruptos.
Permitem grandes relações de transmissão	Devido à ação de cunha das correias em "V" sobre as polias ranhuradas, uma dada transmissão pode funcionar com pequeno arco de contato sobre a polia menor, permitindo alta relação de velocidades e, em conseqüência, motores de altas rotações.
Limpeza	Não necessitando de lubrificantes, como acontece nas transmissões de engrenagens ou correntes, as correias em "V" proporcionam às instalações e máquinas o máximo de limpeza.

Exercícios

Assinale com X a alternativa correta.

Exercício 1

Quais são as causas das rachaduras que podem surgir nas correias?

a) ( ) Altas temperaturas, polias de diâmetros pequenos, deslizamento na transmissão.
b) ( ) Baixas temperaturas, polias de diâmetros grandes, poeira e deslize de transmissão.
c) ( ) Variação de velocidades, poeira, altas temperaturas.
d) ( ) Velocidades fixas, altas temperaturas, polias de diâmetros grandes.
e) ( ) Velocidades altas, polias de diâmetros grandes, altas temperaturas.

Exercício 2

Em qual faixa de temperatura as correias podem trabalhar sem sofrerem início de deterioração?

a) ( ) 70°C a 90°C;
b) ( ) 100°C a 120°C;
c) ( ) 60°C a 70°C;
d) ( ) 60°C a 100°C;
e) ( ) 120°C a 150°C.

Exercício 3

Relacione a segunda coluna de acordo com a primeira.

Defeitos da correias	**Soluções**
a) Rachadura	**1.** ( ) Trocar as polias; trocar as correias; usar somente correias novas.
b) Cortes laterais	**2.** ( ) Lubrificar adequadamente.
c) Patinação	**3.** ( ) Remover obstrução; verificar o comprimento da correia.
d) Vibração excessiva	**4.** ( ) Tensionar adequadamente; alinhar o sistema; proteger.
e) Jogo de correias malfeito	**5.** ( ) Proteger as correias ou trocá-las.
f) Cortes	**6.** ( ) Redimensionar os sistemas.
g) Envelope gasto desigualmente	**7.** ( ) Limpar e corrigir as polias ou trocá-las.
	8. ( ) Tensionar adequadamente ou trocar as correias.

Exercício 4

Cite quatro vantagens que as correias em “V” apresentam.

AULA

25

Variadores e redutores de velocidade e manutenção de engrenagens

Um conjunto de engrenagens cônicas pertencente a uma máquina começou a apresentar ruídos estranhos. O operador da máquina ficou atento e preocupado e, sem saber direito o que fazer, desligou a máquina e chamou o mecânico de manutenção. Este ligou a máquina novamente por alguns minutos e desligando-a falou para o operador:

– O óleo apresenta corpos estranhos e há alguma engrenagem com saliência nos dentes! Vou verificar e ver o que pode ser feito.

Como o mecânico de manutenção conseguiu detectar problemas no óleo e nos dentes de uma engrenagem? Como ele vai resolver os problemas?

Nesta aula, estudaremos a manutenção de engrenagens, além da manutenção de dois outros conjuntos mecânicos importantes: os variadores de velocidade e os redutores de velocidade.

Variador de velocidade

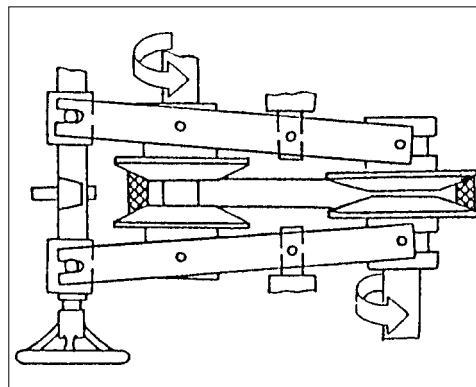
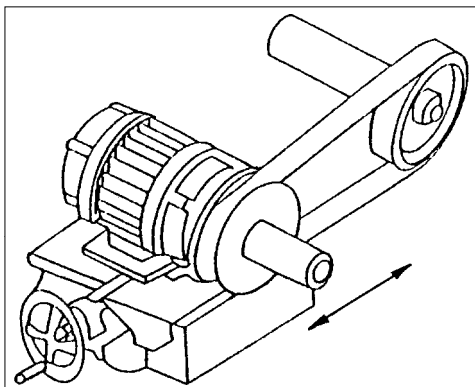
O variador de velocidade é um conjunto mecânico constituído por diversos elementos de máquinas. Sua função é permitir a variação da velocidade de trabalho de outros elementos, sem perdas de muito tempo na troca de rotações, desacelerações, paradas, troca de alavancas e novas acelerações.

Funcionando suavemente, sem impactos, o variador de velocidade pode ser preparado para adaptar-se automaticamente às condições de trabalho exigidas.

Normalmente, a variação de velocidade é executada com a máquina em movimento com baixa carga.

Tipos de variadores de velocidade

Há dois tipos principais de variadores de velocidade: os de transmissão por correia e os de roda de fricção.

Variador com transmissão por correia – A mudança gradual da rotação na transmissão por correia obtém-se variando o diâmetro de contato da correia com as polias. As distâncias entre eixos podem permanecer variáveis ou fixas, conforme ilustrações.

Variador por roda de fricção – Transmite o momento de giro por fricção entre duas árvores paralelas ou que se cruzam a distâncias relativamente curtas. Esse mecanismo pode ser construído de várias formas, mostradas a seguir:

saída n_1 d_1 d_2 entrada n_1 — saída n_2 d_1 d_2 entrada D_1 — $n_1 > n_2$

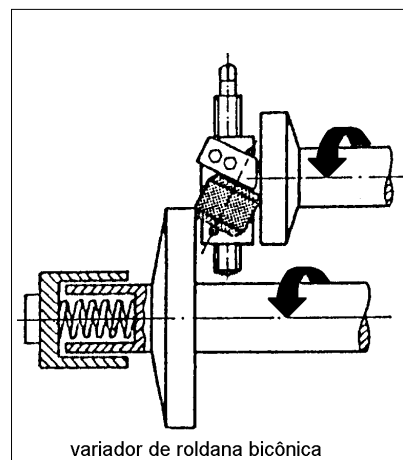
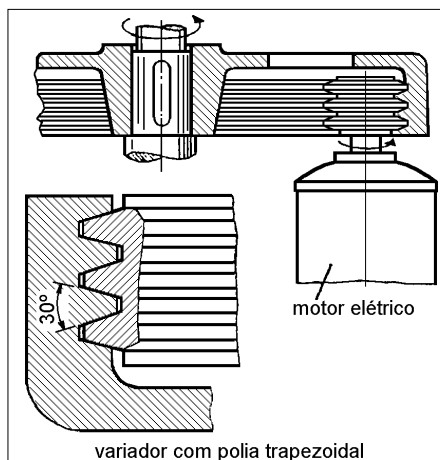
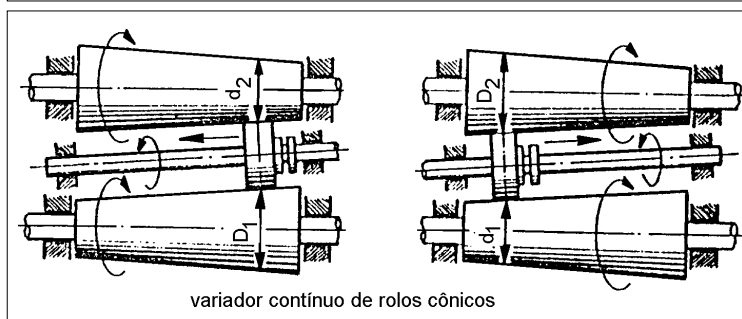
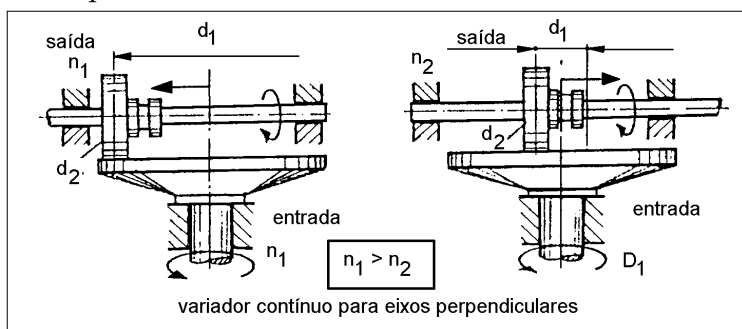
variador contínuo para eixos perpendiculares

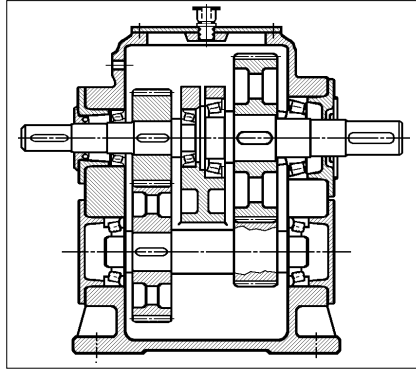
d_2 D_1 — D_2 d_1

variador contínuo de rolos cônicos

30° motor elétrico

variador com polia trapezoidal

variador de roldana bicônica

Redutor de velocidade

É conhecido por redutor o conjunto de coroa e parafuso com rosca sem-fim ou de engrenagens acondicionado em uma carcaça com sistema de lubrificação e destinado a reduzir a velocidade.

Manutenção de variadores e redutores de velocidade

Além dos cuidados com rolamentos, eixos, árvores e outros elementos específicos, a manutenção dos variadores de velocidade exige os seguintes cuidados:

- Alinhamento e nivelamento adequados.
- Lubrificação correta.
- Inspeções periódicas, com especial atenção aos mancais.
- Verificação dos elementos sujeitos ao atrito.
- Verificação dos elementos de ligação em geral.

Quanto aos redutores de velocidade, especialmente os de engrenagens, os principais cuidados na manutenção são os seguintes:

- Na desmontagem, iniciar pelo eixo de alta rotação e terminar pelo de baixa rotação.
- Na substituição de eixo e pinhão, considerar ambos como uma unidade, isto é, se um ou outro estiver gasto, substituir ambos.
- Coroas e pinhões cônicos são lapidados aos pares e devem ser substituídos aos pares, nas mesmas condições. Os fabricantes marcam os conjuntos aos pares e, geralmente, indicam suas posições de colocação que devem ser respeitadas.
- Medir a folga entre os dentes para que esteja de acordo com as especificações.
- Proteger os lábios dos retentores dos cantos agudos dos rasgos de chaveta por meio de papel envolvido no eixo. Não dilatar os lábios dos retentores mais que 0,8 mm no diâmetro.

Manutenção de engrenagens

Quando se fala em variadores e redutores de velocidade, não se pode esquecer de um elemento fundamental desses conjuntos: a engrenagem. Esse elemento de máquina exige uma atenção particular para o bom funcionamento dos sistemas.

Os conjuntos engrenados exigem os seguintes cuidados:

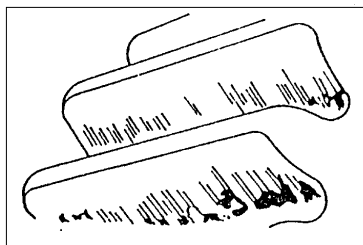
- Reversões de rotação e partidas bruscas sob carga devem ser evitadas.
- A lubrificação deve eliminar a possibilidade de trabalho a seco.
- A lubrificação deve atingir toda a superfície dos dentes.

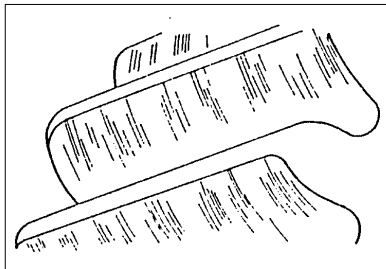
- A lubrificação deve ser mantida no nível. O excesso de óleo provoca o efeito de turbina que, por sua vez, produz superaquecimento.
- Usar óleo lubrificante correto.
- A pré-carga dos rolamentos ou a folga dos mancais devem ser mantidas dentro dos limites recomendados. Essa medida evitará o desalinhamento dos eixos. Eixos desalinhados provocam o aparecimento de carga no canto dos dentes e suas possíveis quebras.
- O desgaste dos eixos e dos entalhes dos dentes das engrenagens não deve exceder os limites de ajuste. Se esses limites forem excedidos, ocorrerão batidas devido ao atraso, recalcando os entalhes. Ocorrerá desalinhamento, além de efeitos nocivos sobre os flancos dos dentes da engrenagem.
- Depósitos sólidos, do fundo da caixa de engrenagens, devem ser removidos antes de entrar em circulação.

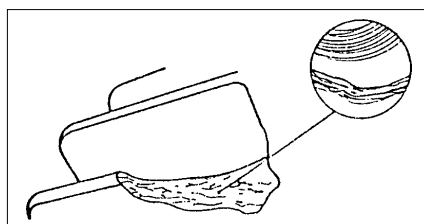
Defeitos mais freqüentes em engrenagens

Os defeitos mais freqüentes em engrenagens estão descritos a seguir.

Desgaste por interferência

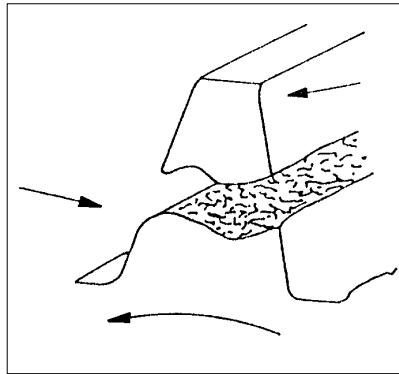
É provocado por um contato inadequado entre engrenagens, em que a carga total está concentrada sobre o flanco impulsor, e a ponta do dente da engrenagem impulsionada.

Desgaste abrasivo

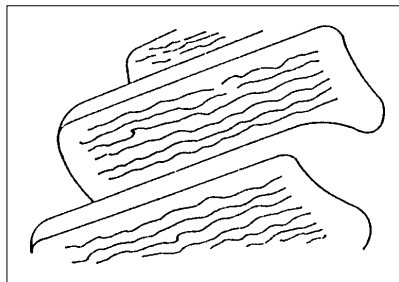
É provocado pela presença de impurezas ou corpos estranhos que se interpõem entre as faces de contato. As impurezas ou corpos estranhos podem estar localizados no óleo usado nas engrenagens.

Quebra por fadiga

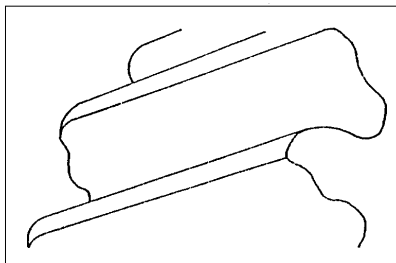
Começa geralmente com uma trinca do lado da carga, num ponto de concentração de tensões próximo da base do dente, e termina com quebra total no sentido longitudinal ou diagonal, para cima.

O desalinhamento na montagem ou em serviço pode favorecer o surgimento de trincas.

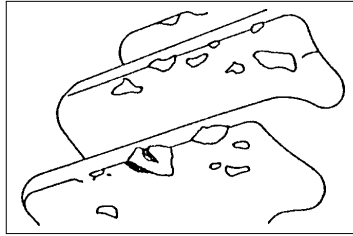
Quebra por sobrecarga

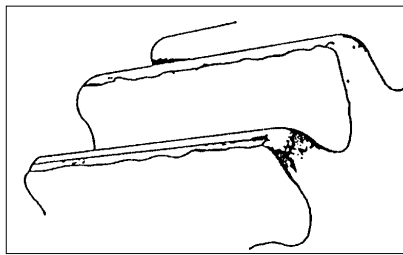
Resulta de sobrecarga estática, choques ou problemas de tratamentos térmicos. Geralmente, do lado da compressão do dente surge uma lombada cuja altura diminui de acordo com o tempo que o dente leva para se quebrar. É interessante salientar que a trinca em um dente sobrecarregado não mostra sinais de progresso.

A sobrecarga pode, também, ser causada pela penetração de um corpo estranho entre os dentes, ou pelo desalinhamento devido ao desgaste ou folga excessiva nos mancais.

Trincas superficiais

Ocorrem nas engrenagens cementadas e caracterizam-se por cisalhamento do material. São causadas pelo emperramento momentâneo e deslizamento conseqüente. Emperramento e deslizamento são provocados por vibrações, excesso de carga ou lubrificação deficiente. As trincas superficiais, se não sofrerem progressão, não causam maiores problemas.

Desgaste por sobrecarga

É caracterizado pela perda de material sem a presença de abrasivos no óleo. Ocorre geralmente em velocidades baixas e com cargas muito altas.

Lascamento

Os dentes temperados soltam lascas, devido a falhas abaixo da superfície originadas durante o tratamento térmico. Essas lascas podem cobrir uma área considerável do dente, como se fosse uma só mancha.

Laminação ou cilindramento

É caracterizada pela deformação do perfil do dente. Essa deformação pode se apresentar como arredondamentos ou saliências nas arestas dos dentes. Essas saliências são mais altas de um lado que do outro.

A laminação ou cilindramento também pode apresentar-se como depressão no flanco da engrenagem motora e uma lombada próxima da linha do diâmetro primitivo da engrenagem movida. É causada pelo impacto sofrido pela engrenagem, devido à ação de rolar e deslizar sob carga pesada.

Sintomas mais comuns de defeitos em engrenagens

Baseado em alguns sintomas simples de serem observados, o operador da máquina ou equipamento poderá fazer ou solicitar uma manutenção preventiva, evitando, assim, a manutenção corretiva.

Os sintomas mais simples ou comuns de defeitos em engrenagens são os seguintes:

Uivo

Normalmente aparece nas rotações muito altas e quando não existe folga suficiente entre as engrenagens ou quando elas estão desalinhadas, com excentricidade ou ovalização.

Tinido

Pode ser provocado por alguma saliência nos dentes, por alguma batida ou pela passagem de um corpo duro e estranho entre os dentes.

Matraqueamento

É causado pela folga excessiva entre os dentes (distância entre centros) ou, às vezes, pelo desalinhamento entre duas engrenagens.

Chiado

Normalmente ocorre em caixa de engrenagens quando a expansão térmica dos eixos e componentes elimina a folga nos mancais ou nos encostos.

Limalha no óleo

Se aparecer em pequena quantidade durante as primeiras 50 horas de serviço, trata-se, provavelmente, de amaciamento. Caso a limalha continue aparecendo após o amaciamento, significa a ocorrência de algum dano que pode ser provocado por uma engrenagem nova no meio das velhas ou, então, emprego de material inadequado na construção das engrenagens.

Superaquecimento

Pode ser causado por sobrecarga, excesso de velocidade, defeito de refrigeração ou de lubrificação. Se a circulação do óleo estiver excessiva, pode, ainda, ocorrer o fenômeno da freagem hidráulica com perda de potência do sistema. Os desalinhamentos e folga insuficiente entre os dentes também geram superaquecimento.

Vibração

Pode ser causada por empenamento dos eixos ou por falta de balanceamento dinâmico nas engrenagens de alta rotação ou, ainda, por desgaste desigual nas engrenagens.

A vibração pode ser causada, também, pelos seguintes fatores: erro de fabricação; mau nivelamento da máquina no piso; fundação defeituosa; sobrecarga com torção dos eixos e perda de ajuste dos mancais.

Montagem e desmontagem de engrenagens em conjuntos mecânicos

Os seguintes cuidados deverão ser observados para se obter um melhor aproveitamento e um melhor desempenho das engrenagens em conjuntos mecânicos:

- Antes de começar a retirar as engrenagens, verificar como estão fixadas no eixo e se estão montadas com interferência ou não.
- Não usar martelo para retirar as engrenagens do eixo para evitar danos aos dentes. Utilizar um saca-polias ou uma prensa hidráulica. Se não se dispuser de um saca-polias ou de uma prensa hidráulica, bater cuidadosamente com um tarugo de material metálico macio.
- Caso o conjunto mecânico não possua catálogo ou manual, verificar a posição ocupada pela engrenagem na montagem, fazendo marcações ou croqui. Isso evitará erros quando o conjunto tiver de ser montado novamente .
- As engrenagens devem sempre ser acondicionadas na vertical e não empilhadas umas sobre as outras. Essa medida evitará danos aos dentes.
- Na montagem deve ser observada a posição original de cada elemento.
- Evitar pancadas quando estiver montando, para não danificar os dentes das engrenagens.
- Fazer uma pré-lubrificação nas engrenagens durante a montagem. Essa medida evitará danos posteriores às engrenagens, que só receberão lubrificação total depois de um certo tempo de funcionamento.

- Fazer um acompanhamento nas primeiras 50 horas de trabalho para verificar o funcionamento e amaciamento das engrenagens novas.

Exercícios

Assinale com X a alternativa correta.

Exercício 1

O redutor de velocidade é um conjunto de:

a) ( ) engrenagens cônicas;
b) ( ) coroa e parafuso com rosca sem-fim;
c) ( ) engrenagens de dentes retos;
d) ( ) engrenagens cônicas e sem-fim;
e) ( ) roscas sem-fim.

Exercício 2

A desmontagem de um redutor de velocidade deve ser iniciada a partir do:

a) ( ) eixo de alta rotação;
b) ( ) eixo de baixa rotação;
c) ( ) sistema de engrenagens;
d) ( ) sistema de rolamentos;
e) ( ) mancal de deslizamento.

Exercício 3

Um sistema possui engrenagens e pinhões. Se um desses elementos estiver gasto recomenda-se substituir:

a) ( ) apenas as engrenagens;
b) ( ) apenas os pinhões;
c) ( ) o elemento que estiver mais gasto;
d) ( ) ambos os elementos;
e) ( ) a máquina nas quais eles se encontram.

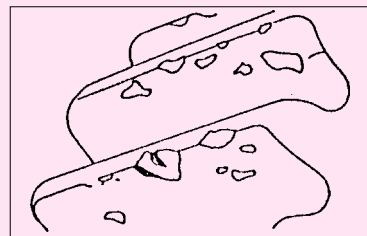
Exercício 4

A sobrecarga de trabalho, o excesso de velocidade, a falta de refrigeração e de lubrificação em engrenagens sinalizam o seguinte sintoma de defeito:

a) ( ) vibração;
b) ( ) chiado;
c) ( ) limalha no óleo;
d) ( ) matraqueamento;
e) ( ) superaquecimento.

Exercício 5

Examine a figura que mostra dois dentes de uma engrenagem e assinale o tipo de defeito apresentado.

a) ( ) desgaste abrasivo;
b) ( ) quebra por fadiga;
c) ( ) trincas superficiais;
d) ( ) lascamento;
e) ( ) cilindramento.

Sistemas de vedação I

O óleo de mamona produzido numa indústria química começou a vazar na união de uma tubulação. O mecânico de manutenção bloqueou a tubulação e foi examiná-la. Constatou que a junta usada como vedante estava deteriorada. Observando o desenho do projeto da instalação da planta, verificou que havia um erro de especificação, ou seja, o projetista havia especificado um vedante de material não adequado em vez de ter especificado um vedante inerte à ação do óleo.

Que tipo de vedante o mecânico utilizou para suportar a ação do óleo? Afinal de contas, o que são vedantes?

Respostas para essas e outras questões envolvendo selos de vedação serão dadas ao longo desta aula.

Conceito de vedação

Vedação é o processo usado para impedir a passagem, de maneira estática ou dinâmica, de líquidos, gases e sólidos particulados (pó) de um meio para outro.

Por exemplo, consideremos uma garrafa de refrigerante lacrada. A tampinha em si não é capaz de vedar a garrafa. É necessário um elemento contraposto entre a tampinha e a garrafa de refrigerante impedindo a passagem do refrigerante para o exterior e não permitindo que substâncias existentes no exterior entrem na garrafa.

Os elementos de vedação atuam de maneira diversificada e são específicos para cada tipo de atuação. Exemplos: tampas, bombas, eixos, cabeçotes de motores, válvulas etc.

É importante que o material do vedador seja compatível com o produto a ser vedado, para que não ocorra uma reação química entre eles. Se houver reação química entre o vedador e o produto a ser vedado, poderá ocorrer vazamento e contaminação do produto. Um vazamento, em termos industriais, pode parar uma máquina e causar contaminações do produto que, conseqüentemente, deixará de ser comercializado, resultando em prejuízo à empresa.

Elementos de vedação

Os materiais usados como elementos de vedação são: juntas de borracha, papelão, velumóide, anéis de borracha ou metálicos, juntas metálicas, retentores, gaxetas, selos mecânicos etc.

Juntas de borracha
São vedações empregadas em partes estáticas, muito usadas em equipamentos, flanges etc. Podem ser fabricadas com materiais em forma de manta e ter uma camada interna de lona (borracha lonada) ou materiais com outro formato.

Anéis de borracha (ring)
São vedadores usados em partes estáticas ou dinâmicas de máquinas ou equipamentos. Estes vedadores podem ser comprados nas dimensões e perfis padronizados ou confeccionados colando-se, com adesivo apropriado, as pontas de um fio de borracha com secção redonda, quadrada ou retangular. A vantagem do anel padronizado é que nele não existe a linha de colagem, que pode ocasionar vazamento. Os anéis de borracha ou anéis da linha ring são bastante utilizados em vedações dinâmicas de cilindros hidráulicos e pneumáticos que operam à baixa velocidade.

Juntas de papelão
São empregadas em partes estáticas de máquinas ou equipamentos como, por exemplo, nas tampas de caixas de engrenagens. Esse tipo de junta pode ser comprada pronta ou confeccionada conforme o formato da peça que vai utilizá-la.

Juntas metálicas
São destinadas à vedação de equipamentos que operam com altas pressões e altas temperaturas. São geralmente fabricadas em aço de baixo teor de carbono, em alumínio, cobre ou chumbo. São normalmente aplicadas em flanges de grande aperto ou de aperto limitado.

Juntas de teflon
Material empregado na vedação de produtos como óleo, ar e água. As juntas de teflon suportam temperaturas de até 260°C.

Juntas de amianto
Material empregado na vedação de fornos e outros equipamentos. O amianto suporta elevadas temperaturas e ataques químicos de muitos produtos corrosivos.

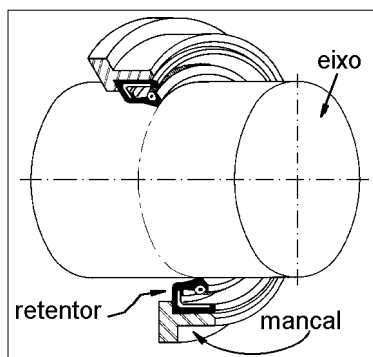
Juntas de cortiça
Material empregado em vedações estáticas de produtos como óleo, ar e água submetidos a baixas pressões. As juntas de cortiça são muito utilizadas nas vedações de tampas de cárter, em caixas de engrenagens etc.

Retentores

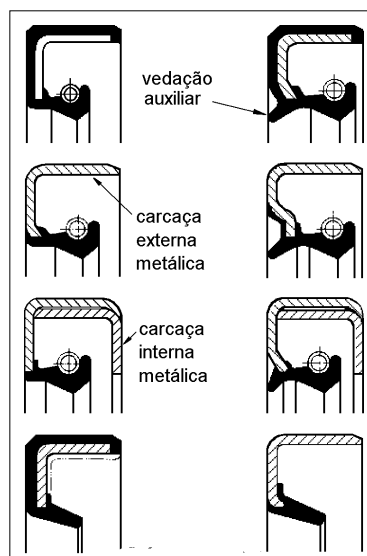
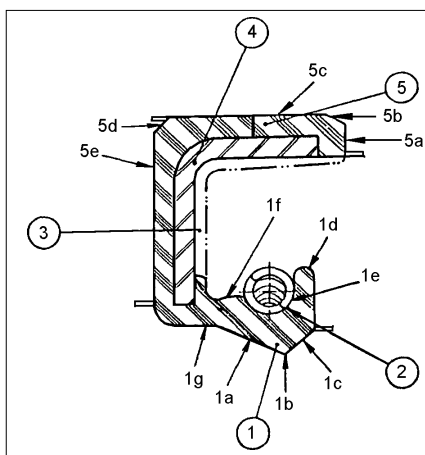
O vedador de lábio, também conhecido pelo nome de retentor, é composto essencialmente por uma membrana elastomérica em forma de lábio e uma parte estrutural metálica semelhante a uma mola que permite sua fixação na posição correta de trabalho.

A função primordial de um retentor é reter óleo, graxa e outros produtos que devem ser mantidos no interior de uma máquina ou equipamento.

O retentor é sempre aplicado entre duas peças que executam movimentos relativos entre si, suportando variações de temperatura.

A figura a seguir mostra um retentor entre um mancal e um eixo.

Elementos de um retentor básico

Os elementos de um retentor básico encontram-se a seguir. Acompanhe as legendas pela ilustração.

1. membrana elastomérica ou lábio
   - 1a - ângulo de ar
   - 1b - aresta de vedação
   - 1c - ângulo de óleo
   - 1d - região de cobertura da mola
   - 1e - alojamento da mola
   - 1f - região interna do lábio
   - 1g - região do engaste do lábio
2. mola de tração
3. região interna do vedador, eventualmente recoberta por material elastomérico
4. anel de reforço metálico ou carcaça
5. cobertura externa elastomérica
   - 5a - borda
   - 5b - chanfro da borda
   - 5c - superfície cilíndrica externa ou diâmetro externo
   - 5d - chanfro das costas
   - 5e - costas

Tipos de perfis de retentores

As figuras seguintes mostram os tipos de perfis mais usuais de retentores.

Como foi visto, a vedação por retentores se dá através da interferência do lábio sobre o eixo. Esta condição de trabalho provoca atrito e a conseqüente geração de calor na área de contato, o que tende a causar a degeneração do material do retentor, levando o lábio de vedação ao desgaste. Em muitas ocasiões provoca o desgaste no eixo na região de contato com o retentor.

A diminuição do atrito é conseguida com a escolha correta do material elastomérico.

A tabela a seguir mostra quatro tipos de elastômeros e suas recomendações genéricas de uso diante de diferentes fluidos e graxas, bem como os limites de temperatura que eles podem suportar em trabalho.

CÓDIGO DO ELASTÔMERO DE ACORDO COM AS NORMAS ISO 1629 E DIN 3761	TIPO DE BORRACHA	LIMITES DE TEMPERATURA MÍNIMA DE TRABALHO (°C)	ÓLEOS PARA MOTOR	ÓLEOS PARA CAIXA DE MUDANÇAS	ÓLEOS HIPÓIDES	ÓLEOS PARA TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA (A.T.F.)	GRAXA	GASOLINA + ÓLEO MOTOR 2 T	ÁLCOOL + ADITIVOS	
			LIMITES DE TEMPERATURA MÁXIMA DE TRABALHO (°C)							APLICAÇÕES GERAIS
NBR	Nitrílica	– 35	110	110	110	120	90	100	100	Material normalmente utilizado para máquinas e equipamentos industriais. Muito utilizado na indústria automotiva para aplicações gerais.
ACM	Poliacrílica	– 15	130	120	120	130	-	-	-	Material largamente utilizado para motores e transmissões na indústria automobilística.
MVQ	Silicone	– 50	150	-	-	130	-	-	-	Material usualmente empregado em motores de elevado desempenho e em conversores de torque de transmissões automáticas.
FPM	Fluorelas-tômero	– 30	150	150	150	150	-	125	125	Material empregado em motores e transmissões altamente solicitados.

Recomendações para a aplicação dos retentores

Para que um retentor trabalhe de modo eficiente e tenha uma boa durabilidade, a superfície do eixo e o lábio do retentor deverão atender aos seguintes parâmetros:

- O acabamento da superfície do eixo deve ser obtido por retificação, seguindo os padrões de qualidade exigidos pelo projeto.
- A superfície de trabalho do lábio do retentor deverá ser isenta de sinais de batidas, sulcos, trincas, falhas de material, deformação e oxidação.
- A dureza do eixo, no local de trabalho do lábio do retentor, deverá estar acima de 28 HRC.

Condições de armazenagem dos retentores

Durante o período de armazenamento, os retentores deverão ser mantidos nas próprias embalagens. A temperatura ambiente deverá permanecer entre 10°C e 40°C. Manipulações desnecessárias deverão ser evitadas para preservar os retentores de danos e deformações acidentais. Cuidados especiais precisam ser observados quanto aos lábios dos retentores, especialmente quando eles tiverem que ser retirados das embalagens.

Pré-lubrificação dos retentores

Recomenda-se pré-lubrificar os retentores na hora da montagem. A pré-lubrificação favorece uma instalação perfeita do retentor no alojamento e mantém uma lubrificação inicial no lábio durante os primeiros giros do eixo. O fluido a ser utilizado na pré-lubrificação deverá ser o mesmo fluido a ser utilizado no sistema, e é preciso que esteja isento de contaminações.

Cuidados na montagem do retentor no alojamento

- A montagem do retentor no alojamento deverá ser efetuada com o auxílio de prensa mecânica, hidráulica e um dispositivo que garanta o perfeito esquadrejamento do retentor dentro do alojamento.
- A superfície de apoio do dispositivo e o retentor deverão ter diâmetros próximos para que o retentor não venha a sofrer danos durante a prensagem.
- O dispositivo não poderá, de forma alguma, danificar o lábio de vedação do retentor.

Montagem do retentor no eixo

Os cantos do eixo devem ter chanfros entre 15° e 25° para facilitar a entrada do retentor. Não sendo possível chanfrar ou arredondar os cantos, ou o retentor ter de passar obrigatoriamente por regiões com roscas, ranhuras, entalhes ou outras irregularidades, recomenda-se o uso de uma luva de proteção para o lábio. O diâmetro da luva deverá ser compatível, de forma tal que o lábio não venha a sofrer deformações.

Cuidados na substituição do retentor

- Sempre que houver desmontagem do conjunto que implique desmontagem do retentor ou do seu eixo de trabalho, recomenda-se substituir o retentor por um novo.
- Quando um retentor for trocado, mantendo-se o eixo, o lábio do novo retentor não deverá trabalhar no sulco deixado pelo retentor velho.
- Riscos, sulcos, rebarbas, oxidação e elementos estranhos devem ser evitados para não danificar o retentor ou acarretar vazamento.
- Muitas vezes, por imperfeições no alojamento, usam-se adesivos (colas) para garantir a estanqueidade entre o alojamento e o retentor. Nessa situação, deve-se cuidar para que o adesivo não atinja o lábio do retentor, pois isso comprometeria seu desempenho.

Análise de falhas e prováveis causas de vazamentos

FALHAS	PROVÁVEIS CAUSAS DE VAZAMENTOS
Lábio do retentor apresenta-se cortado ou com arrancamento de material.	armazenagem descuidada; má preparação do eixo; falha na limpeza; falta de proteção do lábio na montagem.
Lábio apresenta-se com desgaste excessivo e uniforme.	superfície do eixo mal-acabada; falta de pré-lubrificação antes da montagem; uso de lubrificante não recomendado; diâmetro do eixo acima do especificado; rugosidade elevada.
Lábio com desgaste excessivo, concentrado em alguma parte do perímetro.	montagem desalinhada ou excêntrica (alojamento/eixo); deformação nas costas do retentor por uso de ferramenta inadequada na montagem; retentor inclinado no alojamento.
Eixo apresenta desgaste excessivo na pista de trabalho do lábio.	presença de partículas abrasivas; dureza do eixo abaixo do recomendado.
Eixo apresenta-se com marcas de oxidação na área de trabalho do retentor.	falta de boa proteção contra oxidação durante a armazenagem e manipulação do eixo.
Lábio endurecido e com rachaduras na área de contato com o eixo.	superaquecimento por trabalhos em temperaturas acima dos limites normais; lubrificação inadequada (lubrificação não recomendada); nível abaixo do recomendado.
Retentor apresenta-se com deformações ou distorções no diâmetro, ou apresenta-se inclinado no alojamento.	diâmetro do alojamento com medidas abaixo do especificado; chanfro de entrada irregular com rebarbas ou defeitos; instalação com ferramenta inadequada.

Exercícios

Exercício 1

Assinale **V** para as afirmativas verdadeiras e **F** para as falsas.

a) ( ) A vedação só impede a passagem de líquidos de um meio para outro.
b) ( ) O material de um vedador deve ser compatível com o produto a ser vedado.
c) ( ) Juntas de borracha; anéis de borracha; juntas de amianto e de teflon são exemplos de elementos de vedação.
d) ( ) Em tampas de cárter utilizam-se juntas de cortiça como material de vedação.
e) ( ) Juntas de papelão são vedadores que podem operar em ambientes de alta pressão e temperatura.
f) ( ) Os retentores também são conhecidos por vedadores de boca.

Assinale X na alternativa correta.

Exercício 2

Juntas de papelão são empregadas nas:

a) ( ) vedações de fornos;
b) ( ) vedações de equipamentos de alta pressão e temperatura;
c) ( ) partes estáticas de máquinas ou equipamentos;
d) ( ) partes rotativas de máquinas;
e) ( ) engrenagens cilíndricas e mancais de deslizamento.

Exercício 3

Um tipo de junta que pode ser usada na vedação de equipamento que opera sob altas pressões e elevadas temperaturas é a de:

a) (   ) cortiça;
b) (   ) papelão;
c) (   ) teflon;
d) (   ) cobre;
e) (   ) amianto.

Exercício 4

A principal função de um retentor é:

a) (   ) evitar a folga no eixo;
b) (   ) melhorar as condições de rotação do eixo;
c) (   ) impedir a lubrificação de um eixo;
d) (   ) estabilizar a temperatura de trabalho e eliminar o atrito;
e) (   ) reter óleo, graxa e outros fluidos no interior da máquina.

Exercício 5

A montagem de um retentor num alojamento pode ser feita com o auxílio de:

a) (   ) um saca-pinos e um martelo;
b) (   ) uma prensa mecânica, hidráulica ou um outro dispositivo adequado;
c) (   ) um dispositivo qualquer e um martelo ou saca-pinos;
d) (   ) uma chave de fenda, um martelo, um punção de bico e uma talhadeira;
e) (   ) uma chave de fenda, uma marreta, uma talhadeira e um pé-de-cabra.

Exercício 6

Um eixo apresenta desgaste excessivo na pista de trabalho do lábio de um retentor. Uma provável causa desse desgaste excessivo deve-se a:

a) (   ) oxidação do eixo;
b) (   ) má preparação do eixo;
c) (   ) armazenagem descuidada do retentor;
d) (   ) presença de partículas abrasivas;
e) (   ) falta de pré-lubrificação antes da montagem.

AULA

27

Sistemas de vedação II

Ao examinar uma válvula de retenção, um mecânico de manutenção percebeu que ela apresentava vazamento. Qual a causa desse vazamento?

Ao verificar um selo mecânico de uma bomba de submersão, o mesmo mecânico de manutenção notou que o selo apresentava desgastes consideráveis. O que fazer nesse caso?

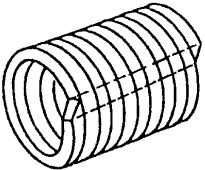
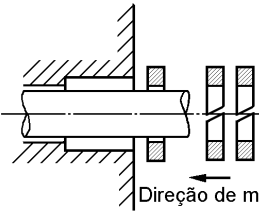
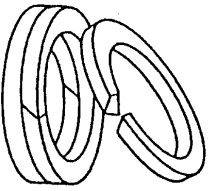
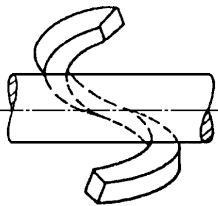
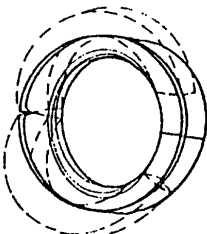
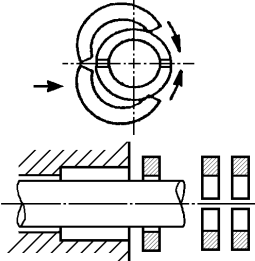
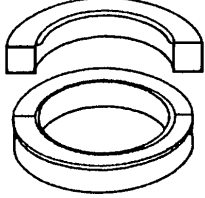
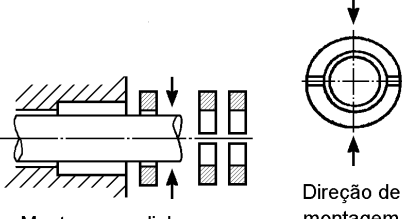
Respostas para essas questões serão dadas ao longo desta aula.

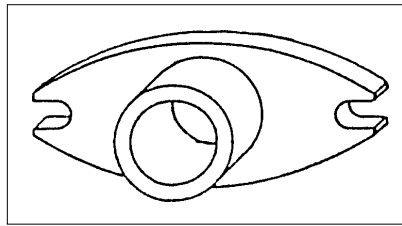
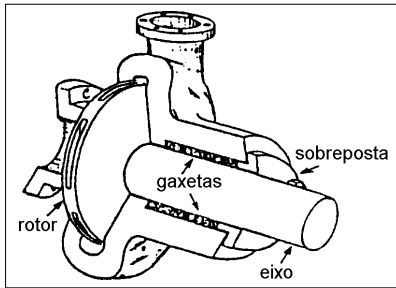
Gaxetas

Gaxetas são elementos mecânicos utilizados para vedar a passagem de um fluxo de fluido de um local para outro, de forma total ou parcial. Os materiais usados na fabricação de gaxetas são: algodão, juta, asbesto (amianto), náilon, teflon, borracha, alumínio, latão e cobre. A esses materiais são aglutinados outros, tais como: óleo, sebo, graxa, silicone, grafite, mica etc.

A função desses outros materiais que são aglutinados às gaxetas é torná-las autolubrificadas.

Em algumas situações, o fluxo de fluido não deve ser totalmente vedado, pois é necessária uma passagem mínima de fluido com a finalidade de auxiliar a lubrificação entre o eixo rotativo e a própria gaxeta. A este tipo de trabalho dá-se o nome de **restringimento**.

O restringimento é aplicado, por exemplo, quando se trabalha com bomba centrífuga de alta velocidade. Nesse tipo de bomba, o calor gerado pelo atrito entre a gaxeta e o eixo rotativo é muito elevado e, sendo elevado, exige uma saída controlada de fluido para minimizar o provável desgaste.

A caixa de gaxeta mais simples apresenta um cilindro oco onde ficam alojados vários anéis de gaxeta, pressionados por uma peça chamada **sobreposta**. A função dessa peça é manter a gaxeta alojada entre a caixa e o eixo, sob pressão conveniente para o trabalho.

A seguir mostramos gaxetas alojadas entre um eixo e um mancal e a sobreposta.

As gaxetas são fabricadas em forma de cordas para serem recortadas ou em anéis já prontos para a montagem.

As figuras seguintes mostram gaxetas em forma de corda, anéis e algumas de suas aplicações.

Corda em espiral. O corte dos anéis seguem as linhas traçadas.	Direção de montagem Montagem axial dos anéis
Anel de corte único.	Montagem radial dos anéis.
Anéis com charneira.	Montagem radial.
Anéis bipartidos.	Montagem radial. Direção de montagem.

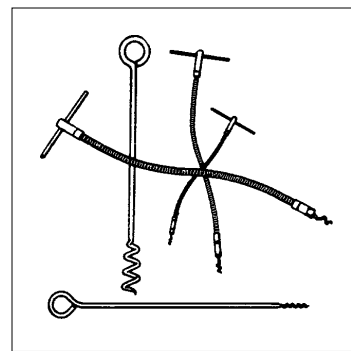
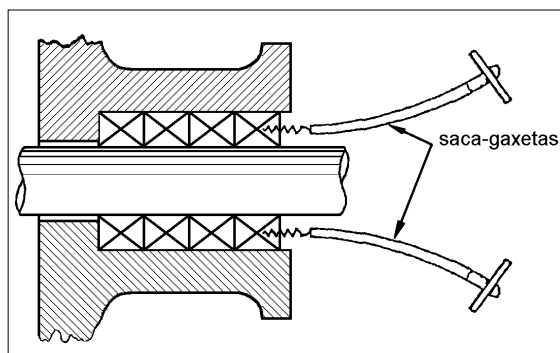
Seleção da gaxeta

A escolha da gaxeta adequada para cada tipo de trabalho deve ser feita com base em dados fornecidos pelos catálogos dos fabricantes. No entanto, os seguintes dados deverão ser levados em consideração:

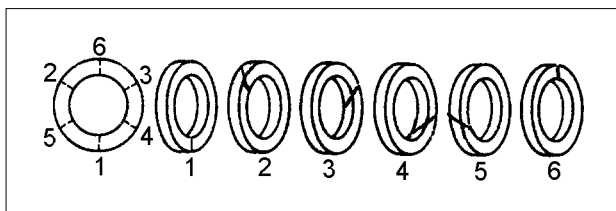
- material utilizado na confecção da gaxeta;
- dimensões da caixa de gaxeta;
- fluido líquido ou gasoso bombeado pela máquina;
- temperatura e pressão dentro da caixa de gaxeta;
- tipo de movimento da bomba (rotativo/alternativo);
- material utilizado na construção do eixo ou da haste;
- ciclos de trabalho da máquina;
- condições especiais da bomba: alta ou baixa temperatura; local de trabalho (submerso ou não); meio (ácido, básico, salino) a que se encontra exposta.

Substituição da gaxeta

A gaxeta deve ser removida com um par de saca-gaxeta com tamanho adequado. O interior da caixa de gaxeta deve ser bem limpo. O grau de limpeza poderá ser verificado com o auxílio de um espelho ou lâmpada, caso seja necessário.

saca-gaxetas

Caso não exista uma gaxeta padronizada, deve-se substituí-la por uma em forma de corda, tomando cuidado em seu corte e montagem. O corte deverá ser a 45° para que haja uma vedação. A gaxeta deverá ser montada escalonadamente para que não ocorra uma coincidência dos cortes ou emendas, evitando assim possíveis vazamentos conforme mostra a figura seguinte.

6 2 3 5 4 1 1 2 3 4 5 6

Falhas ou defeitos nas gaxetas

DEFEITO	POSSÍVEIS CAUSAS
Excessivas reduções na seção da gaxeta situada embaixo do eixo.	Mancais baixos com o eixo atuando sobre a gaxeta; vazamento junto à parte superior do eixo.
Redução excessiva da espessura da gaxeta em um ou em ambos os lados do eixo.	Mancais gastos ou haste fora de alinhamento.
Um ou mais anéis faltando no grupo.	Fundo de caixa de gaxeta muito gasto, o que causa extrusão da própria gaxeta.
Desgaste na superfície externa da gaxeta.	Anéis girando com o eixo ou soltos dentro da caixa.
Conicidade na face de um ou mais anéis.	Anéis adjacentes cortados em comprimento insuficiente, fazendo com que a gaxeta seja forçada dentro do espaço livre.
Grande deformação nos anéis posicionados junto à sobreposta, enquanto os anéis do fundo se encontram em boas condições.	Instalação inadequada da gaxeta e excessiva pressão da sobreposta.
Gaxetas apresentam tendência para escoamento ou extrusão entre o eixo e a sobreposta.	Pressão excessiva ou espaço muito grande entre o eixo e sobreposta.
Face de desgaste do anel seca e chamuscada, enquanto o restante da gaxeta se encontra em boas condições.	Temperatura de trabalho elevada e falta de lubrificação.

Selo mecânico

O selo mecânico é um vedador de pressão que utiliza princípios hidráulicos para reter fluidos. A vedação exercida pelo selo mecânico se processa em dois momentos: a vedação principal e a secundária.

Vedação principal

A vedação principal é feita num plano perpendicular ao eixo por meio do contato deslizante entre as faces altamente polidas de duas peças, geralmente chamadas de **sede e anel de selagem**.

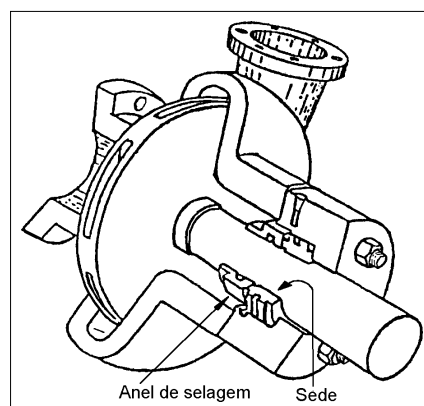
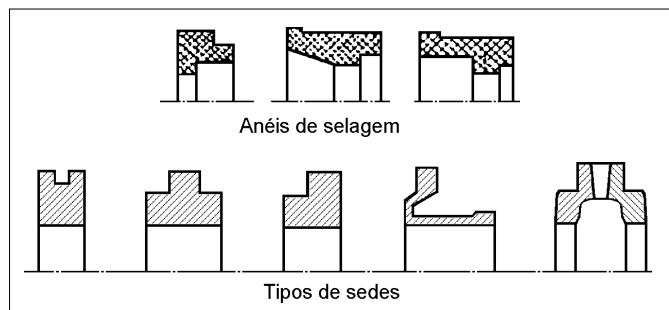
A sede é estacionária e fica conectada numa parte sobreposta. O anel de selagem é fixado ao eixo e gira com ele.

Para que as faces do anel de selagem e da sede permaneçam sempre em contato e pressionadas, utilizam-se molas helicoidais conectadas ao anel de selagem.

As figuras a seguir mostram alguns tipos de sedes e de anéis de selagem, bem como um selo mecânico em corte.

Anéis de selagem

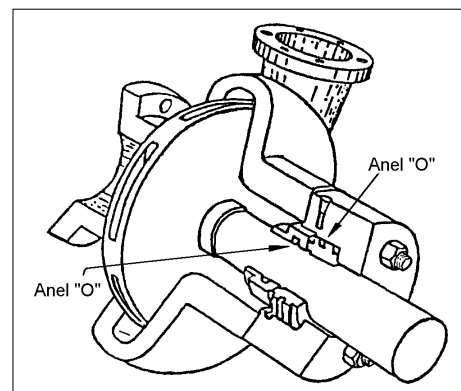
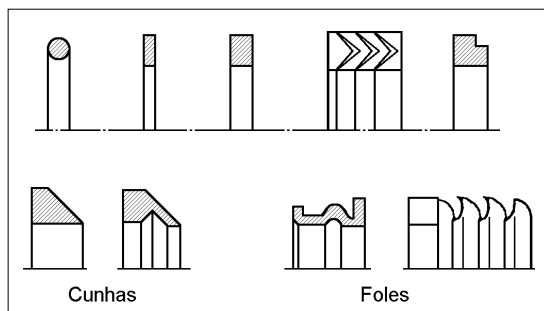
Tipos de sedes

Anel de selagem

Sede

Vedação secundária

A vedação secundária, aplicada à sede e ao anel de selagem, pode ser feita por meio de vários anéis com perfis diferentes, tais como: junta, anel o'ring, anel "V", cunha, fole etc.

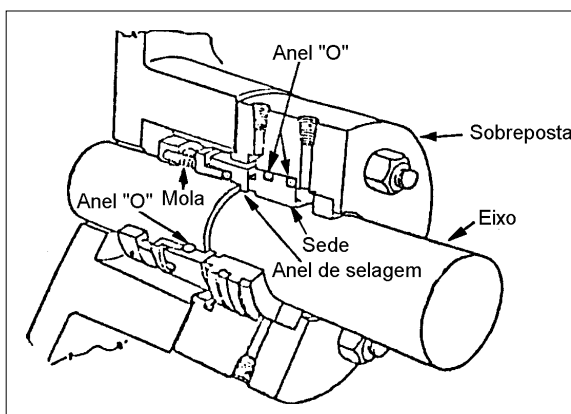
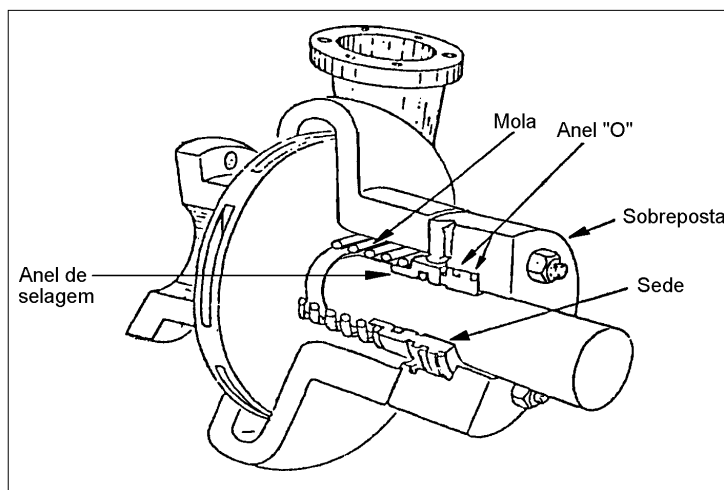
Cunhas Foles

Anel "O"
Anel "O"

Uso do selo mecânico

Os selos mecânicos são utilizados com vantagens em relação às gaxetas, pois não permitem vazamentos e podem trabalhar sob grandes velocidades e em temperaturas e pressões elevadas, sem apresentarem desgastes consideráveis. Eles permitem a vedação de produtos tóxicos e inflamáveis.

As figuras a seguir mostram exemplos de selos mecânicos em corte.

Mola
Anel "O"
Sobreposta
Anel de selagem
Sede

Anel "O"
Sobreposta
Anel "O"
Mola
Eixo
Sede
Anel de selagem

Vantagens do selo mecânico

- Reduz o atrito entre o eixo da bomba e o elemento de vedação reduzindo, conseqüentemente, a perda de potência.
- Elimina o desgaste prematuro do eixo e da bucha.
- A vazão ou fuga do produto em operação é mínima ou imperceptível.
- Permite operar fluidos tóxicos, corrosivos ou inflamáveis com segurança.
- Tem capacidade de absorver o jogo e a deflexão normais do eixo rotativo.

O selo mecânico é usado em equipamentos de grande importância como bombas de transporte em refinarias de petróleo; bombas de lama bruta nos tratamentos de água e esgoto; bombas de submersão em construções; bombas de fábricas de bebidas; em usinas termoelétricas e nucleares.

Exercícios

Exercício 1

Responda.

a) Quais materiais podem ser utilizados para fabricar gaxetas?
b) Para que servem as gaxetas?
c) Qual é a função da peça conhecida pelo nome de sobreposta?
d) De que forma as gaxetas se apresentam no comércio?

Exercício 2

Complete.

a) O selo mecânico é um vedador de .... que utiliza princípios .... para reter fluidos.
b) A vedação .... é feita num plano perpendicular ao eixo por meio do contato deslizante entre as faces altamente .... de duas peças, geralmente chamadas de sede e anel de selagem.
c) Os foles são usados na vedação ....

Exercício 3

Cite três vantagens que os selos mecânicos apresentam.

AULA

28

Alinhamento geométrico e nivelamento de máquinas e equipamentos

A indústria mecânica Kybrobó S.A. adquiriu três máquinas-ferramenta para ampliar seu setor de produção: um torno CNC, uma fresadora universal e uma mandriladora.

Elas foram colocadas em locais apropriados e o pessoal da manutenção foi convocado para fazer o nivelamento e verificar o alinhamento geométrico de cada uma das máquinas recém-chegadas.

Como se faz o nivelamento de uma máquina? O que é alinhamento geométrico?

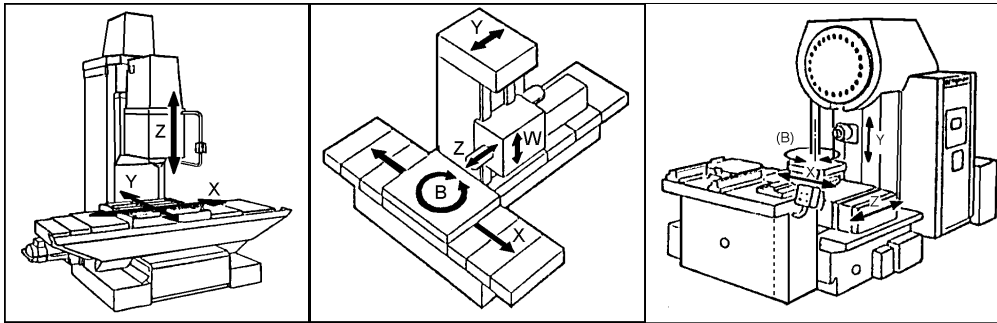
Nesta aula você terá respostas para as duas perguntas.

Importância do alinhamento geométrico

As máquinas e os equipamentos em geral precisam estar alinhados geometricamente e nivelados para poderem operar de forma adequada e com o máximo de eficiência.

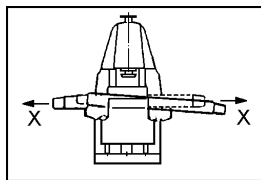
O alinhamento geométrico pode ser compreendido como sendo a relação existente entre os planos geométricos de todos os elementos constituintes de uma máquina.

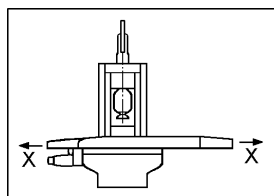
A importância do alinhamento geométrico reside no fato de que deve haver harmonia entre os diversos conjuntos mecânicos existentes nas máquinas, e que executam movimentos relativos entre si, para que o todo funcione de modo eficaz. Caso contrário, ocorrerá comprometimento dos elementos em termos de exatidão e durabilidade.

As ilustrações a seguir mostram algumas máquinas alinhadas geometricamente. Observe a harmonia entre os eixos de trabalho que os conjuntos mecânicos executam.

Peso dos componentes das máquinas e equipamentos

Quando uma máquina ou equipamento é projetado, dois fatores importantes são levados em consideração: o centro de gravidade da máquina, ou centro de massa, e o dimensionamento do seu curso de trabalho. O centro de gravidade é o local onde está o ponto de equilíbrio do peso de todo o conjunto.

Se uma máquina ou equipamento tiver algum problema com seu centro de gravidade e erros no dimensionamento de seu curso, surgirão desgastes de conjuntos e estruturas, quebras, peças mal executadas, resistências indesejáveis etc.

Na ilustração abaixo, mostramos uma máquina cujo centro de gravidade está deslocado por causa da não simetria na distribuição de massa da mesa na direção x. A mesa do lado direito da figura possui mais massa e, conseqüentemente, mais peso desse lado. Nessas condições, o alinhamento geométrico fica prejudicado, pois a condição de apoio do sistema não satisfaz as necessidades.

Hoje em dia, as máquinas modernas apresentam configurações arrojadas e se deslocam sobre bases mais estáveis e robustas, o que lhes garante maior rigidez. O centro de gravidade dessas máquinas é mais estável, garantindo o alinhamento geométrico desejado.

Observe na figura abaixo que na direção **x** a mesa se mantém perfeitamente alinhada, apesar do lado direito ser maior que o esquerdo. É um projeto de engenharia bem executado que garante o perfeito alinhamento da máquina.

Resumindo, os elementos relacionados entre si devem ser nivelados e alinhados geometricamente nos planos horizontais e verticais, e esses planos devem ser nivelados e alinhados entre si.

Instrumentos utilizados no alinhamento geométrico

Há vários instrumentos que são utilizados no alinhamento geométrico de máquinas e equipamentos. Esses instrumentos variam em complexidade e exatidão.

Exemplos:
- relógio comparador;
- relógio com apalpador de precisão;
- régua padrão calibrada;
- bases calibradas para suporte de instrumentos;
- acessórios de verificação;
- nível de bolha;
- nível de bolha quadrangular;
- nível eletrônico;
- teodolito;
- autocolimador óptico-visual;
- autocolimador fotoelétrico;
- autocolimador a laser.

Aspectos técnicos do alinhamento geométrico

As partes estruturais das máquinas, como o barramento, por exemplo, sempre foram um problema de difícil solução para os projetistas. A dificuldade reside no comportamento que essas partes estruturais exibem quando estão em trabalho, fugindo de todas as condições consideradas nos cálculos. Os fatores que contribuem para esse comportamento aleatório são os seguintes:
- surgimento de esforços durante a usinagem de peças;
- esforços atuantes de outros componentes em trabalho;
- vibrações do corte;
- vibrações de componentes como árvores e rolamentos;
- efeitos de agentes externos como a temperatura que causa dilatações.

O somatório desses fatores, principalmente a temperatura, atuando nas máquinas, pode provocar torções no conjunto e causar deslocamentos de difícil controle.

As bases das máquinas foram e ainda são construídas, embora em menor número, em blocos compactos de ferro fundido. Muitas máquinas modernas apresentam suas bases na forma de conjuntos soldados de aço em vez de ferro fundido. Esse avanço tecnológico permite um melhor dimensionamento do peso dessas máquinas e uma localização mais racional para nervuras e reforços estruturais.

As guias de deslizamento eram e ainda são, em muitos casos, usinadas no próprio corpo da base de muitas máquinas. Tais guias são retificadas para que o alinhamento atenda às especificações normalizadas.

Uma máquina com guias de deslizamento feitas no próprio corpo da base pode trazer problemas. Se ocorrerem desvios, a base da máquina deverá ser retirada; as guias precisarão sofrer uma nova usinagem para corrigir as imperfeições; os demais componentes da máquina deverão ser ajustados de acordo com as novas dimensões das guias e toda a máquina deverá ser alinhada segundo as novas condições.

Na atualidade, com a evolução das máquinas que desenvolvem elevadas velocidades de corte, é cada vez mais freqüente a presença de guias lineares rolamentadas padronizadas e de fácil montagem, alinhamento, reposição e manutenção. As guias lineares rolamentadas permitem uma regulagem da pré-carga dos elementos rolantes.

Outra inovação no campo da fabricação de máquinas é a utilização de resinas como elemento de revestimento de superfícies. Essas resinas, em geral diamantadas, possuem uma elevada dureza e reduzem grandemente o atrito entre as superfícies em contato. As superfícies que recebem resinas passam por uma preparação prévia para que a aderência seja perfeita.

O ajuste dimensional e o alinhamento prévio dos conjuntos envolvidos são realizados com dispositivos e instrumentos adequados antes do preenchimento, moldagem e cura das resinas. As correções posteriores, quando necessário, são efetuadas por meio de rasqueteamento.

A inconveniência do calor em máquinas

Como já foi discutido em aulas anteriores, as máquinas em operação geram uma certa quantidade de calor. Esse calor é proveniente das forças de atrito que surgem entre elementos mecânicos que estão em contato e realizam movimentos relativos entre si.

Por exemplo, o calor pode ser gerado pelo atrito entre:

- ferramentas de corte e peças em usinagem;
- engrenagens em movimento;
- eixos movimentando-se apoiados em mancais;
- polias e correias;
- pinhão e cremalheira.

Uma possível adição extra de calor na máquina poderá ter sua origem no meio ambiente em que ela está instalada.

Todo esse aumento de temperatura se transmite a todos os elementos da máquina, e isso, inevitavelmente, influirá na geometria dos conjuntos mecânicos.

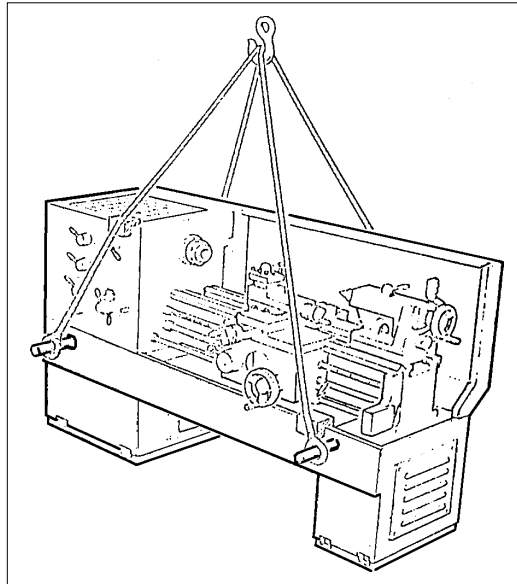
Máquinas e equipamentos com exatidão dimensional são fabricados e operam normalmente em condições ambientais controladas. Além do controle da temperatura, controla-se a umidade do ar. É uma necessidade quando se pensa em qualidade e eficiência.

Elevação, movimentação e transporte de máquinas e equipamentos

Quando uma máquina é fabricada conforme projeto específico, todos os cuidados com ajustes e montagens são tomados. Aprovada, a máquina deverá sair do setor de fabricação e ser encaminhada para um depósito ou diretamente para o cliente que a comprou.

O encaminhamento da máquina para o depósito ou para o cliente envolve medidas de proteção contra a ação de agentes ambientais normais (chuva e poeira) e contra quedas, uma vez que a máquina sofrerá movimentação, tanto na horizontal quanto na vertical.

Para se elevar uma máquina, devem-se observar os locais próprios de amarração. Uma amarração bem executada, considerando o centro de gravidade da máquina, evitará a ocorrência de acidentes.

A figura abaixo mostra a amarração de um torno que está sendo elevado.

Os elementos de amarração devem estar bem dimensionados para o peso da máquina, e seus componentes móveis bem travados para não sofrerem movimentos e choques com outros conjuntos durante seu transporte.

Além da elevação da máquina por meio de amarras, outros cuidados precisam ser observados em seu transporte. No caso de caminhões, vagões de trens, navios e aviões, a máquina deverá estar bem embalada, assentada e amarrada para não se deslocar. Na hora do descarregamento, todo cuidado deve ser tomado para que a máquina não caia.

Resumindo, o transporte de uma máquina exige técnica e habilidade das pessoas envolvidas nessa importante operação. Se todos os cuidados forem tomados, garante-se a preservação do alinhamento geométrico original da máquina.

Nivelamento de máquinas e equipamentos

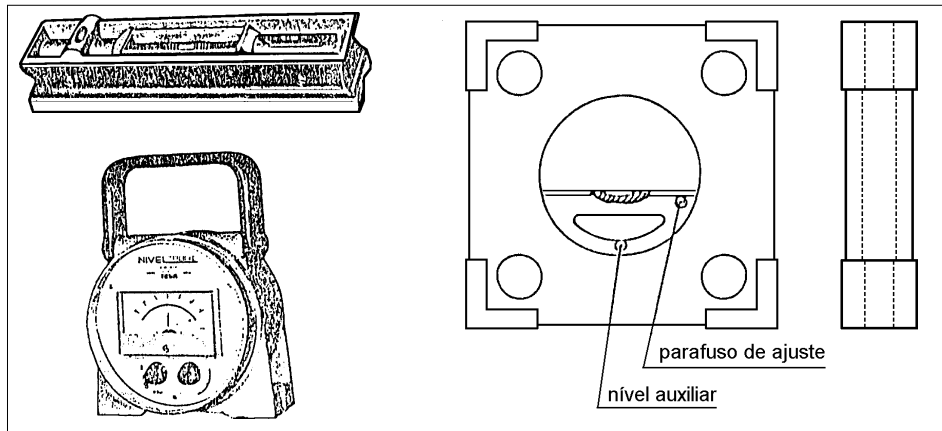
O bom nivelamento das máquinas e equipamentos é outro importante fator a ser considerado em termos de alinhamento geométrico e de trabalho eficiente, e qualidade de produto.

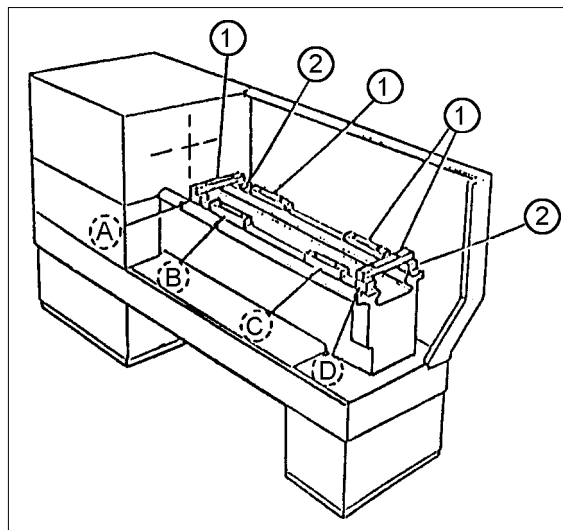
De fato, uma máquina ou equipamento bem nivelados trabalham sem esforços adicionais, e operam segundo o previsto.

Os instrumentos mais comuns para se efetuar o nivelamento de máquinas e equipamentos são os seguintes: nível de bolha de base plana; nível de bolha quadrangular e nível eletrônico.

As figuras a seguir mostram como são esses instrumentos.

parafuso de ajuste

nível auxiliar

Como nivelar?

O nivelamento de uma máquina ou equipamento segue procedimentos e parâmetros normalizados e deve ser feito inicialmente no sentido longitudinal e, posteriormente, no sentido transversal.

Havendo necessidade de efetuar acertos, o que é muito comum, trabalha-se acionando os niveladores da base.

Estando o equipamento nivelado, deve-se efetuar o aperto dos parafusos de fixação. Após essa operação, volta-se a conferir o nivelamento para checar se ocorreu alteração do nivelamento anterior.

Constatadas alterações, volta-se a nivelar; porém, sem desapertar totalmente os parafusos. Ao se atingir novamente as condições desejadas, confere-se o aperto final. Esse procedimento deverá ser repetido até que se atinja o nivelamento correto com o aperto final dos parafusos de fixação.

Após o nivelamento da máquina, é conveniente colocá-la para funcionar em vazio durante um certo período. Após esse período, o nivelamento deverá ser conferido novamente para novos ajustes, se necessário.

Pode ocorrer que uma determinada máquina não permita que se obtenha um nivelamento de acordo com as especificações. Nesse caso, uma análise dos fatores interferentes deverá ser realizada. Esses fatores interferentes poderão ser:

- uma torção da própria estrutura da máquina causada por transporte inadequado;
- tensões internas do próprio material utilizado na fabricação da máquina;
- instabilidade da fundação onde a máquina encontra-se assentada;
- presença de forças desbalanceadas provocadas pelo assentamento irregular dos elementos de fixação.

Eliminando-se esses fatores interferentes, o nivelamento adequado poderá ser obtido.

Exercícios

Exercício 1

Assinale **V** para as afirmativas verdadeiras e **F** para as falsas.

a) ( ) A harmonia de funcionamento dos diversos conjuntos mecânicos de uma máquina está relacionada com o seu alinhamento geométrico.

b) ( ) O centro de massa de uma máquina é um fator irrelevante para o seu alinhamento geométrico.

c) ( ) O alinhamento geométrico de máquinas é efetuado somente com força muscular e sem auxílio de nenhum instrumento. Basta o operador ter boa visão.

d) ( ) Vibrações são fatores que interferem no comportamento aleatório de uma máquina causando problemas para o seu perfeito alinhamento geométrico.

e) ( ) A base de muitas máquinas modernas podem ser construídas por conjuntos de aço soldados.

Assinale X na alternativa correta.

Exercício 2

As guias de deslizamento de máquinas estão sendo substituídas por guias:

a) ( ) lineares rolamentadas;
b) ( ) angulares rolamentadas;
c) ( ) verticais rolamentadas;
d) ( ) trapezoidais rolamentadas;
e) ( ) filamentados deslizantes.

Exercício 3

As resinas de enchimento de superfícies de máquinas são:

a) ( ) cimentadas;
b) ( ) diamantadas;
c) ( ) asfaltadas;
d) ( ) tijoladas;
e) ( ) ladrilhadas.

Exercício 4

No transporte de uma máquina é importante executar uma boa:

a) ( ) eliminação do centro de massa;
b) ( ) pintura na lona de cobertura;
c) ( ) retificação em todos os parafusos;
d) ( ) amarração para evitar acidentes e danos;
e) ( ) torção nos elementos de amarra.

Exercício 5

Os instrumentos mais comuns utilizados no nivelamento de máquinas são:

a) ( ) osciloscópio, analisador de vibrações, autocolimador a laser;
b) ( ) analisador de vibrações, multímetro e osciloscópio;
c) ( ) nível de bolha e nível eletrônico;
d) ( ) nível eletrônico e autocolimador fotoelétrico;
e) ( ) teodolito, relógio comparador, paquímetro digital.

Exercício 6

Quando se vai nivelar uma máquina, o nivelamento deverá ser iniciado no sentido:

a) ( ) transversal;
b) ( ) longitudinal;
c) ( ) radial;
d) ( ) axial;
e) ( ) de cima para baixo.

AULA

29

Recuperação de guias ou vias deslizantes I

Uma máquina foi retirada do setor de produção e levada para o setor de manutenção porque havia atingido o seu ponto de reforma. A equipe de manutenção escolhida para a reforma constatou, por meio da análise geométrica, que havia necessidade de restaurar as guias de deslizamento do barramento.

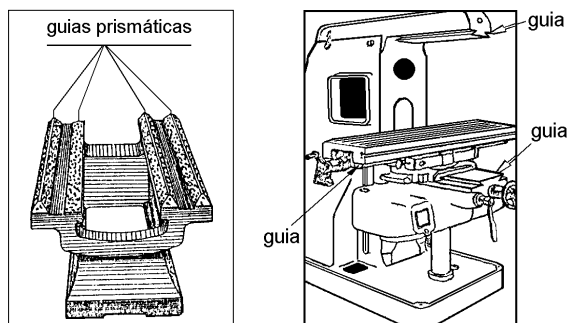
Como a equipe de manutenção procedeu para recuperar as guias de deslizamento?

Nesta aula estudaremos como se faz para restaurar guias de deslizamento.

Conceito de guias ou vias

Guias são elementos de máquinas que permitem o direcionamento do movimento executado por outros elementos mecânicos nelas condicionados. Os movimentos de rotação executados por eixos são direcionados pelos mancais nos quais se apóiam.

Porém, em muitas máquinas, vários elementos executam movimento retilíneo que é direcionado pelas guias constituídas por prismas deslizantes.

As figuras a seguir mostram guias prismáticas em corte e uma fresadora na qual eles são aplicados.

As guias também são conhecidas pelo nome de **vias de deslizamento** ou **vias deslizantes.**

Material usado na fabricação de vias deslizantes

As vias deslizantes estão sujeitas ao desgaste por abrasão; solda a frio; sinterização ou vitrificação. Por causa desses fenômenos, os materiais utilizados na fabricação de vias deslizantes devem apresentar a capacidade de sofrer desgastes mútuos.

Entre os materiais existentes para fabricar vias deslizantes, o ferro fundido é o mais empregado, que pode, conforme o caso, formar vias brandas ou duras.

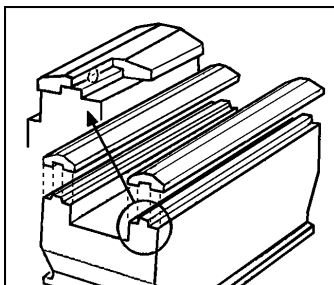
As vias duras são tratadas por chama ou por indução e retificadas.

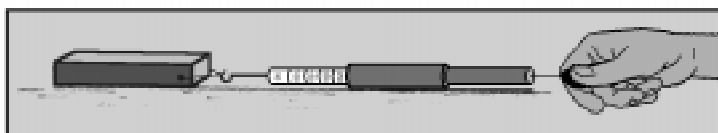
Possibilidades de emparelhamento de vias deslizantes

Existem as seguintes possibilidades de emparelhamento de vias deslizantes:

- carro brando sobre via branda;
- carro duro sobre via dura;
- carro brando sobre via dura.

O emparelhamento de carro brando sobre via dura é o mais conveniente, pois o carro brando, sendo peça menor, funciona como peça de desgaste. Este emparelhamento deve contar com a superfície de contato da via dura retificada para manter o atrito minimizado, mesmo com lubrificação deficiente.

Em algumas máquinas, no lugar de vias deslizantes temperadas, utilizam-se tiras de aço temperado que são encaixadas e aparafusadas ao barramento, conforme mostra a figura a seguir.

Atrito de rolamento no lugar do atrito de deslizamento

Consideremos um bloco de madeira apoiado sobre a superfície horizontal de uma mesa, também de madeira. Se tentarmos deslocar o bloco, surgirá entre as superfícies de contato a força de atrito estático opondo-se ao deslocamento do bloco. Essa força adquire valores crescentes que vão desde 0 N até atingir um valor máximo. É a etapa do “arranque”.

Quando a força de atrito estático atinge o valor máximo, o bloco começa a se deslocar; porém, agora, sujeito a força de atrito dinâmico de deslizamento, que é menos intensa que a força de atrito estático máxima.

Pode-se concluir que é mais difícil fazer um corpo começar a se movimentar sobre a superfície de outro do que manter o movimento do corpo depois que ele se iniciou.

De acordo com a Física, além da força de atrito de deslizamento estático ou dinâmico, existe também a força de atrito de rolamento, que aparece sempre que uma superfície rola sobre outra sem deslizar.

Como os pontos de contato entre o corpo rolante e a superfície na qual ele se apóia são muito pequenos, a força de atrito de rolamento também é de pequena intensidade.

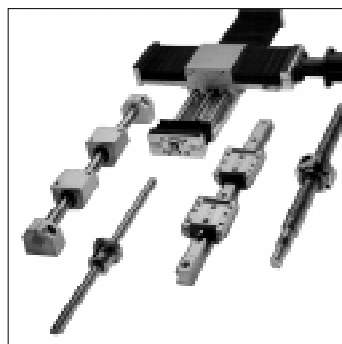
De fato, a força de atrito de rolamento é muito menor que a força de atrito de deslizamento, seja ela estática ou dinâmica. Por essa razão, sempre que possível, usam-se corpos rolantes em máquinas, pois é melhor lidar com o atrito de rolamento do que com o atrito de deslizamento estático ou dinâmico.

Considerando todos esses argumentos, criaram-se as vias deslizantes rolamentadas, aplicadas inicialmente em máquinas de medição e, atualmente, em máquinas CNC.

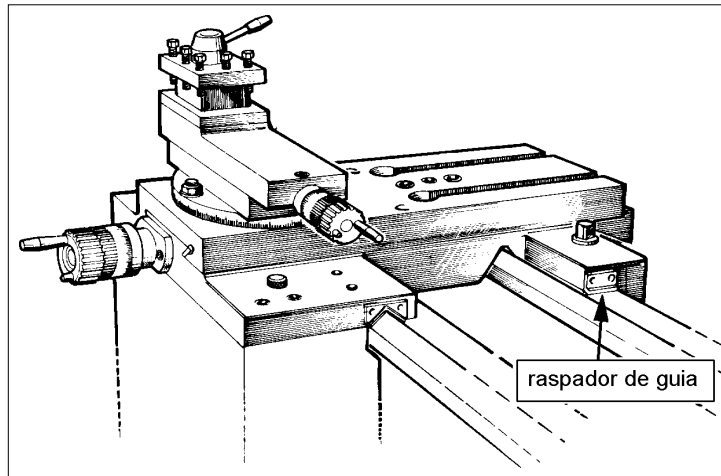
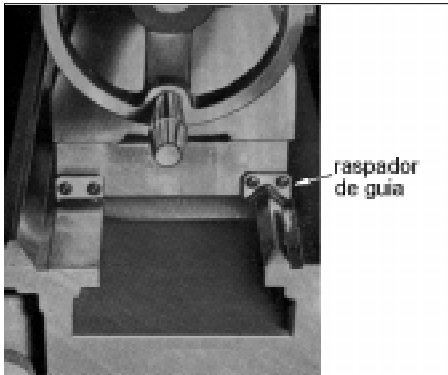
Vantagens das vias deslizantes rolamentadas

- a espessura da película de óleo de lubrificação mantém-se praticamente constante entre as esferas de rolamento e suas vias;
- para velocidades pequenas (1 mm/min) as vias não deslizam por solavancos;
- a exatidão inicial das vias ficam duráveis por um longo tempo;
- o nível da mesa permanece invariável, já que não existe variação da camada de lubrificante.

As figuras a seguir mostram elementos mecânicos de máquinas que têm vias deslizantes com corpo rolamentado.

Protetores das vias deslizantes

As vias deslizantes das máquinas de usinagem estão expostas à ação de cavacos, óxidos metálicos, pó de fundição e partículas abrasivas diversas. Por esse motivo, elas devem ser protegidas. O melhor protetor para as vias deslizantes são os foles tipo acordeão. As vias deslizantes podem ser protegidas com rodos ou raspadores de borracha pressionados contra o barramento.

raspador de guia

raspador de guia

Manutenção de guias e barramentos

A manutenção de guias e barramentos é feita pela equipe de manutenção visando a não ocorrência de desgastes, além daqueles normais que surgem devido ao uso.

Nas inspeções periódicas, a equipe de manutenção verifica os seguintes itens:

- folga das vias deslizantes, que devem ser ajustadas por meio das réguas de ajuste;
- protetores das vias, que devem ser substituídos ou reparados;
- folgas do sistema de acionamento, que devem ser ajustadas;
- sistema de lubrificação, que deve estar desobstruído para manter as guias lubrificadas.

Recuperação de vias deslizantes

Quando as guias de barramento atingem o ponto de reforma, esta pode ser executada por processo mecânico convencional ou por revestimento deslizante.

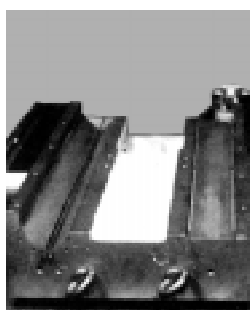
O processo convencional geralmente consiste em retificar o barramento e ajustar o carro; ou em retificar as vias do carro e usinar o barramento para inserir-lhe tiras de aço temperado.

O revestimento deslizante é feito com resina epóxi aditivada em estado líquido ou pastoso.

Características do revestimento deslizante

- Resistência química à água, a óleos sintéticos e minerais e a emulsões de refrigeração. Não resiste ao benzol nem à acetona.
- Boa resistência ao desgaste e capacidade de embutir corpos estranhos.
- Coeficiente de atrito dinâmico reduzido quando comparado com o coeficiente de atrito estático, o que evita solavancos em baixas velocidades.
- Temperatura de serviço entre -70°C e 80°C.
- Tempo de utilização: 1 hora.
- Tempo de cura a 20°C: 18 horas.

Aplicação do revestimento deslizante

A aplicação do revestimento deslizante é feita com espátula ou por injeção. No caso da aplicação com espátula, obtém-se a moldagem adequada colocando-se o carro sobre o barramento. O conjunto deve ser nivelado. As figuras a seguir mostram a seqüência de execução desse processo.

carro preparado

tratar face de contato com separador

aplicar -moglice-

colocar carro

camada endurecida pronta

fresar canais de lubrificação

rasquetear caso necessário

No caso da aplicação por injeção, o carro é previamente alinhado sobre o barramento. A face a ser tratada deve ser aplainada.

O revestimento deslizante permite, ainda, o conserto de falhas causadas por excesso de atrito ou falhas de usinagem. Os canais de lubrificação são obtidos por meio de fresagem manual ou pré-moldagem.

Atualmente, algumas máquinas saem das fábricas com o revestimento deslizante já aplicado.

A recuperação de guias de máquinas-ferramenta também pode ser feita

por um outro processo que reduz o atrito e o desgaste e que aumenta a exatidão e a vida útil do equipamento. Esse processo consiste em colar nas guias de mesas e carros uma manta de um material especial com características específicas.

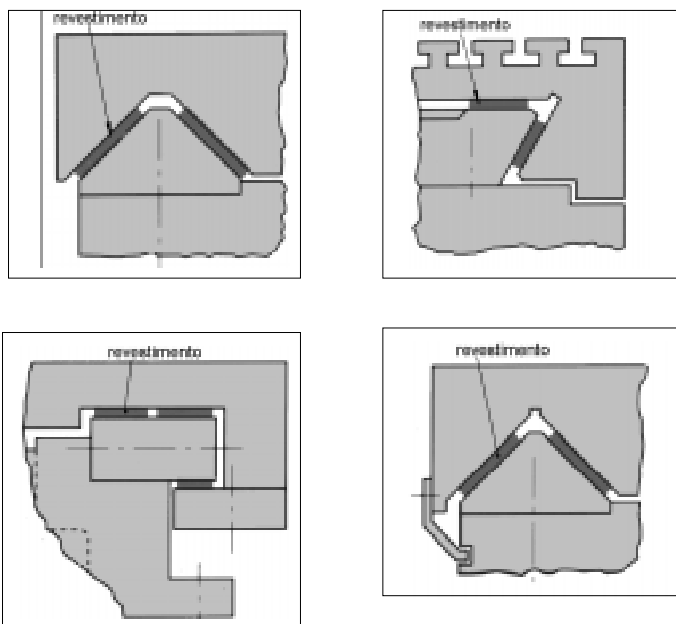
Esse material, após ser colado, pode ser usinado via rasquete, fresa ou retífica, por exemplo.

Nas figuras, é possível observar como se apresentam as guias de deslizamento após a aplicação da manta.

revestimento

revestimento

revestimento

revestimento

Exercícios

Assinale X na alternativa correta.

Exercício 1

As guias de máquinas também são conhecidas pelo nome de:

a) ( ) barramento;
b) ( ) acento;
c) ( ) vias deslizantes;
d) ( ) caminho;
e) ( ) pista oscilante.

Exercício 2

As guias de deslizamento podem ser confeccionadas em:

a) ( ) bronze;
b) ( ) aço fundido;
c) ( ) aço inoxidável;
d) ( ) ferro fundido;
e) ( ) latão.

Exercício 3

As modernas máquinas, como as que apresentam comandos numéricos computadorizados (CNC), apresentam guias de deslizamento:

a) (   ) com corpos rolantes;
b) (   ) embuchadas com verniz;
c) (   ) temperadas e cementadas;
d) (   ) recozidas e normalizadas;
e) (   ) postiças de pintadas.

Exercício 4

A manutenção das vias de deslizamento é feita por meio de inspeções periódicas, nas quais são observados os seguintes itens:

a) (   ) lubrificação, temperatura e dureza das guias;
b) (   ) nivelamento, dureza das guias e temperatura;
c) (   ) folgas, lubrificação e protetores das guias;
d) (   ) folgas, dureza das guias e alinhamento geométrico;
e) (   ) alinhamento geométrico, temperatura e lubrificação.

Exercício 5

Para reformar as guias desgastadas de um barramento recomenda-se:

a) (   ) substituí-las por novas e mais duras;
b) (   ) raspá-las com rasquete e lixá-las para dar acabamento;
c) (   ) raspá-las com rasquete e soldar suas extremidades;
d) (   ) usiná-las convencionalmente e revesti-las com material adequado;
e) (   ) usiná-las com lima ou raquete e chanfrá-las, no mínimo, duas vezes.

AULA

30

Recuperação de guias ou vias deslizantes II

Uma empresa especializada em reforma de máquinas assumiu o compromisso de reformar uma fresadora universal pertence à Kibarra S.A.

Após os exames e as análises geométricas, concluiu-se que as guias das mesas deveriam ser restauradas, e esta restauração estaria sob a responsabilidade da equipe de rasqueteadores.

Que operações esta equipe executa? Quais são as ferramentas e instrumentos utilizados por esse pessoal? Como esses profissionais avaliam a qualidade do trabalho executado?

Essas questões serão respondidas ao longo desta aula.

Processo mecânico convencional para recuperar guias ou vias de deslizamento

Na aula anterior, estudamos que as guias do barramento podem ser recuperadas pelo processo de revestimento deslizante com a aplicação de resinas. Nesta aula, estudaremos outra forma de recuperar as guias, ou seja, pela aplicação do processo mecânico convencional.

O processo mecânico convencional consiste em usinar e depois rasquetear as guias.

Rasquetear

Rasquetear é a operação mecânica que consiste em extrair partículas metálicas muito pequenas da superfície de uma peça previamente usinada por limagem, torneamento, fresagem, aplainamento ou retificação.

Essa operação tem dois grandes objetivos:

- corrigir a superfície das peças para suavizar os pontos de atrito;
- contribuir para a formação de uma película de óleo entre as superfícies de contato de peças que deslizam entre si.

O rasqueteamento é executado por meio de uma ferramenta de borda afiada chamada **rasquete.**

Tipos de rasquete

As figuras abaixo mostram alguns tipos de rasquete manuais e uma máquina de rasquetear.

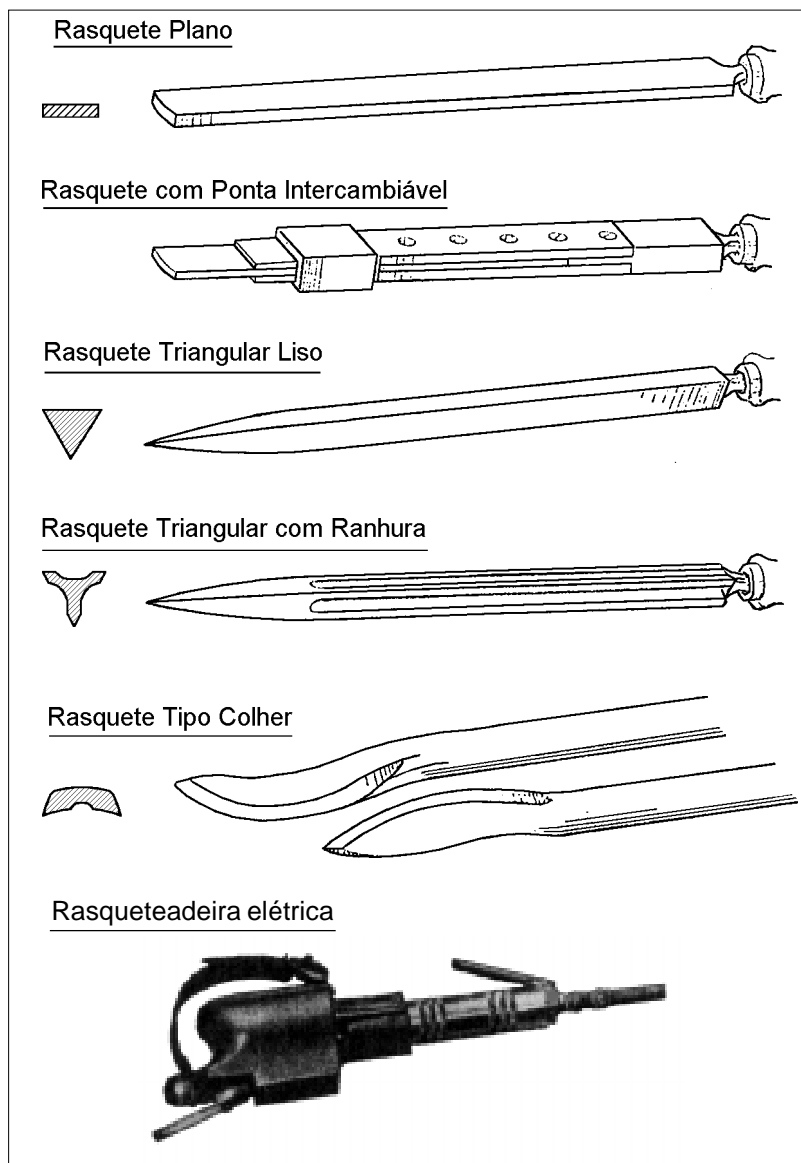
Rasquete Plano

Rasquete com Ponta Intercambiável

Rasquete Triangular Liso

Rasquete Triangular com Ranhura

Rasquete Tipo Colher

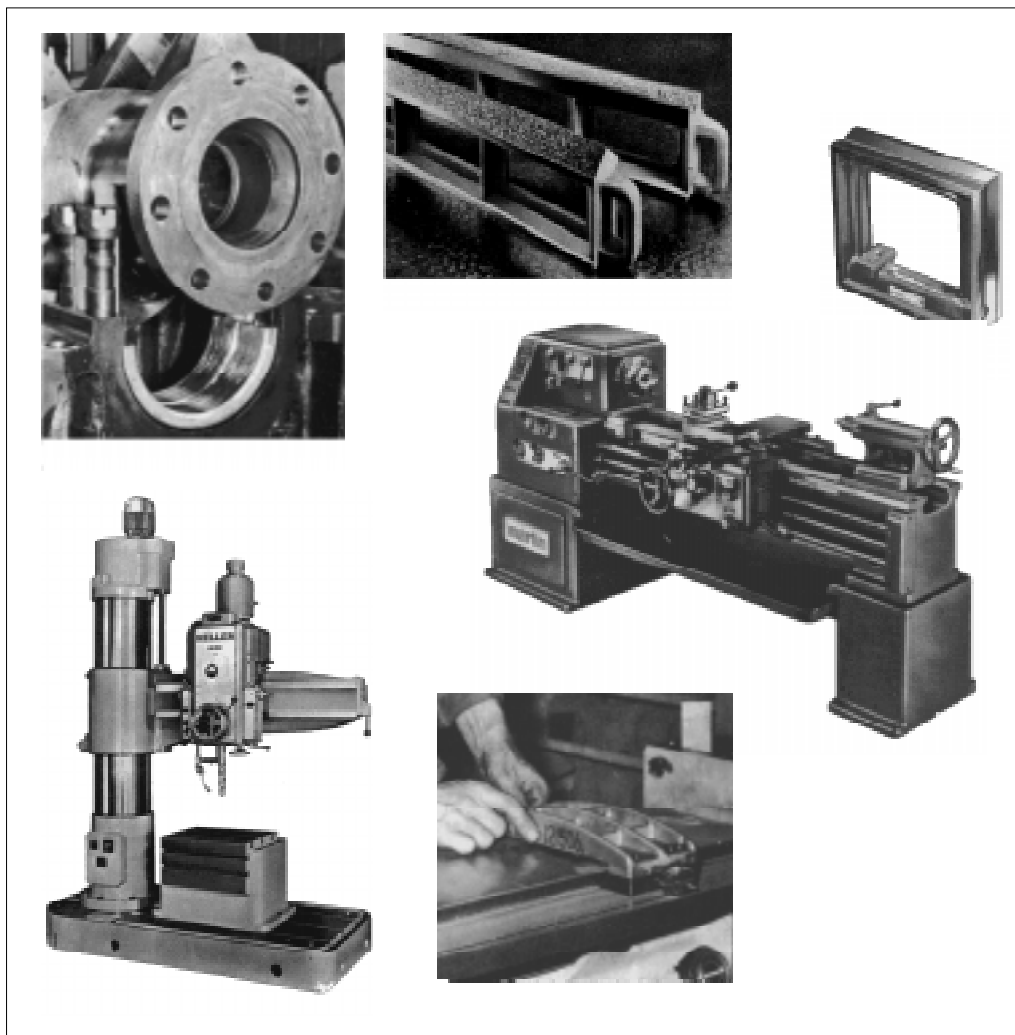
Rasqueteadeira elétrica

Constituição dos rasquetes

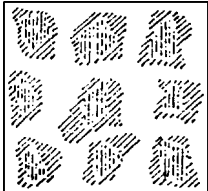
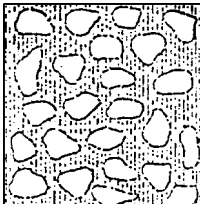
Os rasquetes são feitos de aços-liga para ferramentas. Essas ferramentas são forjadas, conformadas, temperadas e revenidas. Após o revenimento, são afiadas e acabadas.

As pontas intercambiáveis, quando utilizadas em rasquetes que as admitem, são feitas de aço ao tungstênio, que é bastante duro. Rasquetes com essas pontas são indicados para trabalhar metais ou ligas metálicas duras.

O ângulo de corte dos rasquetes varia de 60° a 110°.

Aplicações do rasqueteamento

O rasqueteamento é aplicado nas superfícies côncavas dos mancais de deslizamento; também em faces planas dos instrumentos de medida e de controle como réguas, mesas e bases de níveis, e em guias de barramento de máquinas-ferramenta.

Qualidade de uma superfície rasqueteada

A qualidade de uma superfície rasqueteada depende do número de pontos de apoio que ela apresenta em uma área de 25 mm^2. Essa área, com um determinado número de pontos de apoio, é a unidade da qualidade de uma superfície rasqueteada.

Dependendo do número de pontos de apoio que uma área de 25 mm^2 apresenta, temos quatro graus de qualidade do rasqueteado, ou seja:

- rasqueteado desbastado de ajuste;
- rasqueteado desbastado de desbaste;
- rasqueteado fino de acabamento;
- rasqueteado finíssimo de acabamento.

O quadro seguinte resume os graus de qualidade do rasqueteado.

GRAUS DE QUALIDADE DO RASQUETEADO			
Denominação	Pontos de apoio em 25 mm²	Emprego	Tipos de superfície
Desbastado de ajuste	1 a 3	Superfícies de apoio e superfícies fixas.	Planas
Desbastado de desbaste	4 a 5	Superfícies de todos os tipos.	Planas e curvas
Fino de acabamento	6 a 19	Guias e barramentos de máquinas de todos os tipos.	Planas e curvas
Finíssimo de acabamento	20 ou mais	Ferramentas de planear e desempenar superfícies de todos os tipos.	Planas e curvas

As figuras a seguir mostram superfícies rasqueteadas aumentadas, em vista lateral e em vista de cima, circunscritas a 25 mm².

VISTA LATERAL	VISTA DE CIMA (25 mm²)
desbastado de ajuste	
desbastado de desbaste	
fino de acabamento	
finíssimo de acabamento	

Manejo do rasquete plano

O rasquete plano, um dos mais utilizados na prática, exige paciência, força muscular e muita habilidade por parte do operador.

Considerando que o operador não seja canhoto, o rasquete plano deverá ser manejado da seguinte forma:

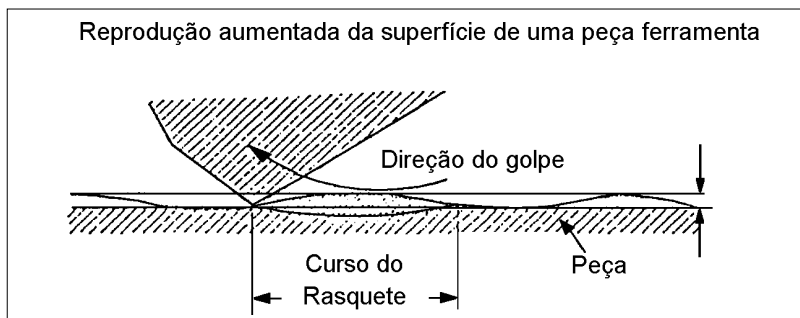
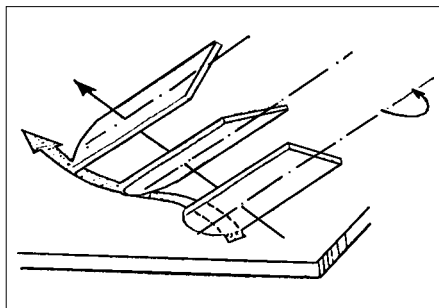
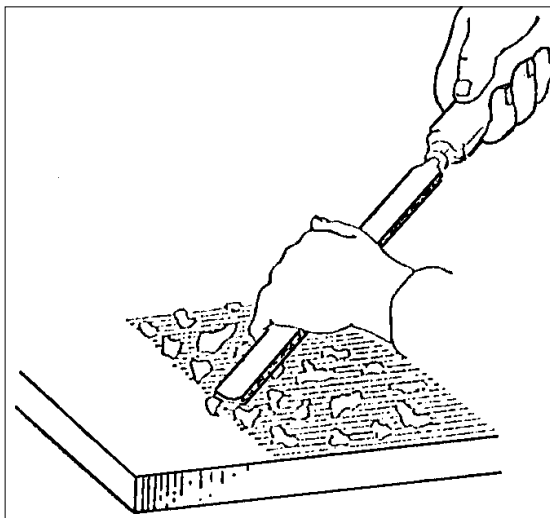
- pressionar o rasquete contra a superfície e conduzi-lo com as duas mãos;
- a mão direita deverá agarrar o cabo do rasquete e aplicar a força principal na direção dos impulsos, mantendo o ângulo de inclinação correto;
- a mão esquerda deverá agarrar o corpo do rasquete e guiá-lo durante o ataque à peça, na direção do impulso e no retrocesso, mantendo a pressão necessária.

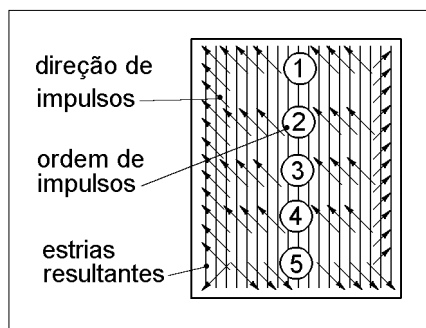
No rasqueteado de desbaste deve-se atacar a peça com fortes impulsos, e o rasquete deve ser apoiado pelo peso do corpo. À medida que a superfície da peça vai melhorando, os impulsos deverão ser mais curtos e rápidos.

Reprodução aumentada da superfície de uma peça ferramenta

Direção do golpe

Curso do Rasquete

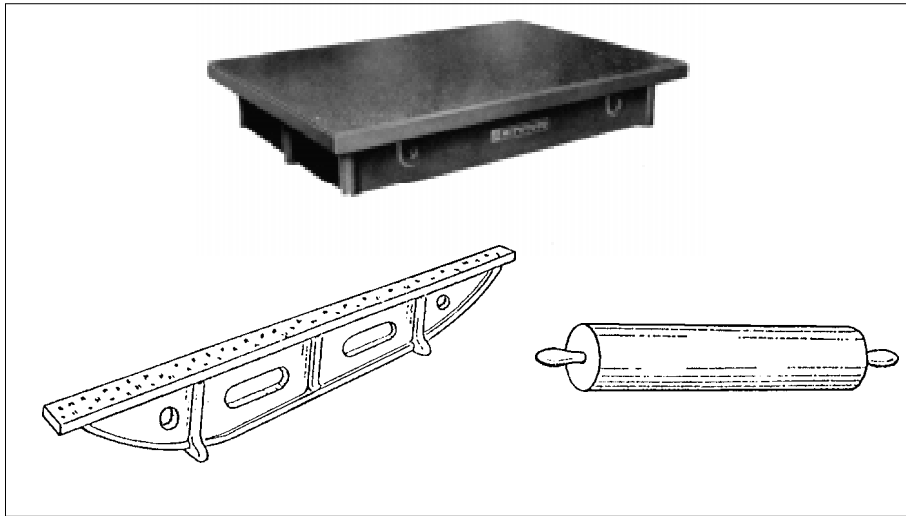
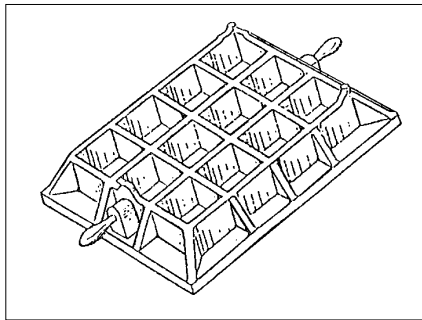
Peça

No rasqueteado de acabamento fino, o rasquete deve ser girado sobre o seu eixo longitudinal durante o impulso.

No rasqueteado de acabamento finíssimo, o rasquete, além de ser girado sobre o seu próprio eixo longitudinal, deve ser aplicado com pressão menor e curso mais curto.

Seja qual for o tipo de rasqueteado a ser executado, os impulsos deverão ser executados de dentro para fora, seguindo a borda da peça a 45° e prosseguir em fileiras.

direção de impulsos
ordem de impulsos
estrias resultantes

Os impulsos posteriores deverão ser de aproximadamente 90° em relação aos anteriores.

O quadro a seguir resume as técnicas de trabalho com rasquete plano.

TÉCNICAS DE TRABALHO COM RASQUETE PLANO						
DENOMINAÇÃO	CURSO	PRESSÃO	MOVIMENTO	POSIÇÃO DO CORPO	ÂNGULO DE ATAQUE	PROFUNDIDADE DE CORTE
Desbastado	largo	grande	atuar com o peso do corpo	ligeiramente inclinado	≅ 60°	0,01 mm a 0,03 mm
Fino	médio	média	atacar com força, sem atuar com o peso do corpo	inclinado a menor distância do ponto a ser rasqueteado	35° a 40°	0,005 mm a 0,01 mm
Finíssimo	curto	leve	suave, partindo da munheca	mais inclinado e perto do ponto de rasqueteamento	≅ 45°	0,003 m a 0,008 mm

Controle do rasqueteamento

O controle do grau de rasqueteamento é feito por meio de mesas, réguas e cilindros de controle.

As mesas de controle são pranchas de ferro fundido com superfícies cuidadosamente trabalhadas, isto é, planas e lisas. A parte inferior das mesas de controle são providas de nervuras que evitam suas deformações.

As mesas de controle são fabricadas em tamanhos padronizados e utilizadas para verificar os pontos de apoio das superfícies planas rasqueteadas.

A verificação é efetuada passando-se tinta na superfície da mesa de controle e a peça é apoiada sobre ela. Quando a peça for de grande dimensão superficial, deve-se apoiar a mesa sobre a peça que será controlada. Se necessário, a mesa deverá ser deslocada ao longo da superfície da peça. As marcas de tinta que ficam na superfície da mesa indicam pontos de apoio que deverão ou não ser rasqueteados, dependendo do grau de acabamento que se deseja obter.

As réguas e os cilindros de controle apresentam dimensões que variam de 100 mm a 2000 mm de comprimento. Esses instrumentos de controle são fabricados segundo a norma DIN 876, com três graus de qualidade distintos, conforme a exatidão de acabamento de suas superfícies.

Tanto a régua quanto o cilindro de controle não devem ser utilizados para traçagem e alinhamento. Esses instrumentos, depois de utilizados, devem ter a face de controle limpa, coberta com uma película de vaselina sólida ou graxa e guardados convenientemente em locais onde não venham a sofrer pancadas.

Assinale X na alternativa correta.

Exercício 1

Os rasquetes são fabricados em:

a) ( ) ferro fundido;
b) ( ) aços-liga para ferramenta;
c) ( ) latão cromado;
d) ( ) aço carbono com baixo teor de carbono;
e) ( ) aço carbono, rico em ferrita.

Exercício 2

O ângulo de corte máximo de um rasquete é de:

a) ( ) 45°;
b) ( ) 60°
c) ( ) 75°;
d) ( ) 90°;
e) ( ) 110°.

Exercício 3

A unidade de qualidade de uma superfície rasqueteada é dada pelo número de pontos contidos em uma superfície de área igual a:

a) ( ) 25 m^2;
b) ( ) 25 dm^2;
c) ( ) 25 cm^2;
d) ( ) 25 mm^2;
e) ( ) 25 mm^2.

Exercício 4

A figura abaixo mostra uma superfície rasqueteada de uma peça, vista de cima. Segundo a ilustração, o grau de qualidade do rasqueteado obtido chama-se:

a) ( ) desbastado de ajuste;
b) ( ) desbastado de desbaste;
c) ( ) fino de acabamento;
d) ( ) finíssimo de acabamento;
e) ( ) corrugado de desbaste.

Exercício 5

O controle do grau de rasqueteamento de uma superfície plana de grande dimensão superficial de uma peça pode ser feito com:

a) ( ) régua de controle;
b) ( ) mesa de controle;
c) ( ) cilindro de controle;
d) ( ) tarugo de controle;
e) ( ) assento de controle.

Exercício 6

Cilindros de controle são utilizados para verificar o grau de rasqueteamento de superfícies:

a) ( ) côncavas;
b) ( ) convexas;
c) ( ) plano-convexas;
d) ( ) plano-côncavas;
e) ( ) prismáticas.

AULA

31

Lubrificação industrial I

Uma empresa de bebidas utiliza em sua linha de produção uma esteira com mancais de rolamento. A esteira transporta garrafas que são enchidas com um delicioso refrigerante diet.

De tempos em tempos, o funcionário encarregado da lubrificação das máquinas e equipamentos ia até a esteira para lubrificá-la. Ele sabia que os mancais de rolamento da esteira utilizavam um lubrificante com características especiais .

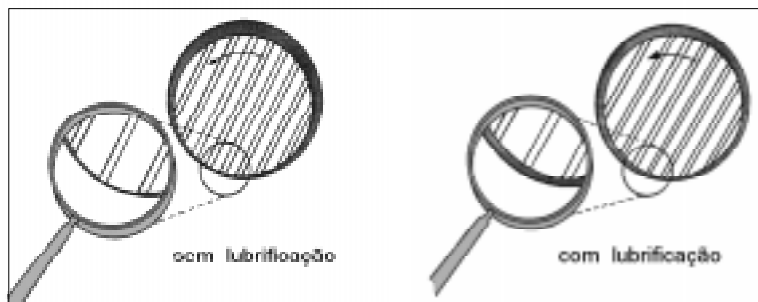
Quais eram as características especiais do lubrificante usado nos mancais de rolamento da esteira?

Resposta para esta pergunta e outras informações a respeito de lubrificação e lubrificantes serão dadas nesta aula.

Conceito e objetivos da lubrificação

A lubrificação é uma operação que consiste em introduzir uma substância apropriada entre superfícies sólidas que estejam em contato entre si e que executam movimentos relativos. Essa substância apropriada normalmente é um óleo ou uma graxa que impede o contato direto entre as superfícies sólidas.

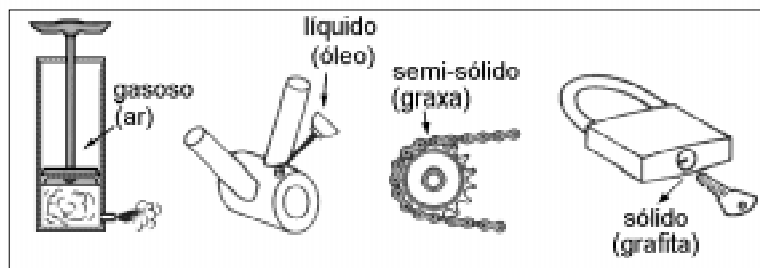
Quando recobertos por um lubrificante, os pontos de atrito das superfícies sólidas fazem com que o atrito sólido seja substituído pelo atrito fluido, ou seja, em atrito entre uma superfície sólida e um fluido. Nessas condições, o desgaste entre as superfícies será bastante reduzido.

sem lubrificação

com lubrificação

Além dessa redução do atrito, outros objetivos são alcançados com a lubrificação, se a substância lubrificante for selecionada corretamente:

- menor dissipação de energia na forma de calor;
- redução da temperatura, pois o lubrificante também refrigera;
- redução da corrosão;
- redução de vibrações e ruídos;
- redução do desgaste.

Lubrificantes

Os lubrificantes podem ser gasosos como o ar; líquidos como os óleos em geral; semi-sólidos como as graxas e sólidos como a grafita, o talco, a mica etc.

Contudo, os lubrificantes mais práticos e de uso diário são os líquidos e os semi-sólidos, isto é, os óleos e as graxas.

Classificação dos óleos quanto à origem

Quanto à origem, os óleos podem ser classificados em quatro categorias: óleos minerais, óleos vegetais, óleos animais e óleos sintéticos.

Óleos minerais - São substâncias obtidas a partir do petróleo e, de acordo com sua estrutura molecular, são classificadas em óleos parafínicos ou óleos naftênicos.

Óleos vegetais - São extraídos de sementes: soja, girassol, milho, algodão, arroz, mamona, oiticica, babaçu etc.

Óleos animais - São extraídos de animais como a baleia, o cachalote, o bacalhau, a capivara etc.

Óleos sintéticos - São produzidos em indústrias químicas que utilizam substâncias orgânicas e inorgânicas para fabricá-los. Estas substâncias podem ser silicones, ésteres, resinas, glicerinas etc.

Aplicações dos óleos

Os óleos animais e vegetais raramente são usados isoladamente como lubrificantes, por causa da sua baixa resistência à oxidação, quando comparados a outros tipos de lubrificantes. Em vista disso, eles geralmente são adicionados aos óleos minerais com a função de atuar como agentes de oleosidade. A mistura obtida apresenta características eficientes para lubrificação, especialmente em regiões de difícil lubrificação.

Alguns óleos vegetais são usados na alimentação humana. Você é capaz de citar alguns?

Os óleos sintéticos são de aplicação muito rara, em razão de seu elevado custo, e são utilizados nos casos em que outros tipos de substâncias não têm atuação eficiente.

Os óleos minerais são os mais utilizados nos mecanismos industriais, sendo obtidos em larga escala a partir do petróleo.

Características dos óleos lubrificantes

Os óleos lubrificantes, antes de serem colocados à venda pelo fabricante, são submetidos a ensaios físicos padronizados que, além de controlarem a qualidade do produto, servem como parâmetros para os usuários.

Os principais ensaios físicos padronizados para os óleos lubrificantes encontram-se resumidos na tabela a seguir.

TIPO DE ENSAIO	O QUE DETERMINA O ENSAIO
Viscosidade	Resistência ao escoamento oferecida pelo óleo. A viscosidade é inversamente proporcional à temperatura. O ensaio é efetuado em aparelhos denominados viscosímetros. Os viscosímetros mais utilizados são o Saybolt, o Engler, o Redwood e o Ostwald.
Índice de viscosidade	Mostra como varia a viscosidade de um óleo conforme as variações de temperatura. Os óleos minerais parafínicos são os que apresentam menor variação da viscosidade quando varia a temperatura e, por isso, possuem índices de viscosidade mais elevados que os naftênicos.
Densidade relativa	Relação entre a densidade do óleo a 20°C e a densidade da água a 4°C ou a relação entre a densidade do óleo a 60°F e a densidade da água a 60°F.
Ponto de fulgor (flash point)	Temperatura mínima à qual pode inflamar-se o vapor de óleo, no mínimo, durante 5 segundos. O ponto de fulgor é um dado importante quando se lida com óleos que trabalham em altas temperaturas.
Ponto de combustão	Temperatura mínima em que se sustenta a queima do óleo.
Ponto de mínima fluidez	Temperatura mínima em que ocorre o escoamento do óleo por gravidade. O ponto de mínima fluidez é um dado importante quando se lida com óleos que trabalham em baixas temperaturas.
Resíduos de carvão	Resíduos sólidos que permanecem após a destilação destrutiva do óleo.

Graxas

As graxas são compostos lubrificantes semi-sólidos constituídos por uma mistura de óleo, aditivos e agentes engrossadores chamados sabões metálicos, à base de alumínio, cálcio, sódio, lítio e bário. Elas são utilizadas onde o uso de óleos não é recomendado.

As graxas também passam por ensaios físicos padronizados e os principais encontram-se no quadro a seguir.

TIPO DE ENSAIO	O QUE DETERMINA O ENSAIO
Consistência	Dureza relativa, resistência à penetração.
Estrutura	Tato, aparência.
Filamentação	Capacidade de formar fios ou filamentos.
Adesividade	Capacidade de aderência.
Ponto de fusão ou gotejo	Temperatura na qual a graxa passa para o estado líquido.

Tipos de graxa

Os tipos de graxa são classificados com base no sabão utilizado em sua fabricação.

Graxa à base de alumínio: macia; quase sempre filamentosa; resistente à água; boa estabilidade estrutural quando em uso; pode trabalhar em temperaturas de até 71°C. É utilizada em mancais de rolamento de baixa velocidade e em chassis.

Graxa à base de cálcio: vaselinada; resistente à água; boa estabilidade estrutural quando em uso; deixa-se aplicar facilmente com pistola; pode trabalhar em temperaturas de até 77°C. É aplicada em chassis e em bombas d'água.

Graxa à base de sódio: geralmente fibrosa; em geral não resiste à água; boa estabilidade estrutural quando em uso. Pode trabalhar em ambientes com temperatura de até 150°C. É aplicada em mancais de rolamento, mancais de rodas, juntas universais etc.

Graxa à base de lítio: vaselinada; boa estabilidade estrutural quando em uso; resistente à água; pode trabalhar em temperaturas de até 150°C. É utilizada em veículos automotivos e na aviação.

Graxa à base de bário: características gerais semelhantes às graxas à base de lítio.

Graxa mista: é constituída por uma mistura de sabões. Assim, temos graxas mistas à base de sódio-cálcio, sódio-alumínio etc.

Além dessas graxas, há graxas de múltiplas aplicações, graxas especiais e graxas sintéticas.

Lubrificantes sólidos

Algumas substâncias sólidas apresentam características peculiares que permitem a sua utilização como lubrificantes, em condições especiais de serviço.

Entre as características importantes dessas substâncias, merecem ser mencionadas as seguintes:

- baixa resistência ao cisalhamento;
- estabilidade a temperaturas elevadas;
- elevado limite de elasticidade;
- alto índice de transmissão de calor;
- alto índice de adesividade;
- ausência de impurezas abrasivas.

Embora tais características não sejam sempre atendidas por todas as substâncias sólidas utilizadas como lubrificantes, elas aparecem de maneira satisfatória nos carbonos cristalinos, como a grafita, e no bissulfeto de molibdênio, que são, por isso mesmo, aquelas mais comumente usadas para tal finalidade.

A grafita, após tratamentos especiais, dá origem à grafita coloidal, que pode ser utilizada na forma de pó finamente dividido ou em dispersões com água, óleos minerais e animais e alguns tipos de solventes.

É crescente a utilização do bissulfeto de molibdênio (MoS_2) como lubrificante. A ação do enxofre (símbolo químico = S) existente em sua estrutura propicia uma excelente aderência da substância com a superfície metálica, e seu uso é recomendado sobretudo para partes metálicas submetidas a condições severas de pressão e temperaturas elevadas. Pode ser usado em forma de pó dividido ou em dispersão com óleos minerais e alguns tipos de solventes.

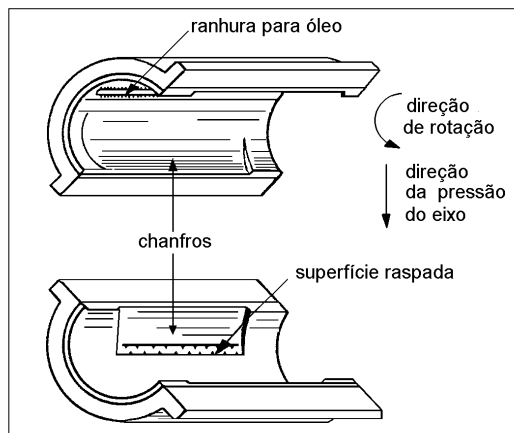
A utilização de sólidos como lubrificantes é recomendada para serviços em condições especiais, sobretudo aquelas em que as partes a lubrificar estão submetidas a pressões ou temperaturas elevadas ou se encontram sob a ação de cargas intermitentes ou em meios agressivos. Os meios agressivos são comuns nas refinarias de petróleo, nas indústrias químicas e petroquímicas.

Aditivos

Aditivos são substâncias que entram na formulação de óleos e graxas para conferir-lhes certas propriedades. A presença de aditivos em lubrificantes tem os seguintes objetivos:

- melhorar as características de proteção contra o desgaste e de atuação em trabalhos sob condições de pressões severas;
- aumentar a resistência à oxidação e corrosão;
- aumentar a atividade dispersante e detergente dos lubrificantes;
- aumentar a adesividade;
- aumentar o índice de viscosidade.

Lubrificação de mancais de deslizamento

O traçado correto dos chanfros e ranhuras de distribuição do lubrificante nos mancais de deslizamento é o fator primordial para se assegurar a lubrificação adequada.

Os mancais de deslizamento podem ser lubrificados com óleo ou com graxa. No caso de óleo, a viscosidade é o principal fator a ser levado em consideração; no caso de graxa, a sua consistência é o fator relevante.

A escolha de um óleo ou de uma graxa também depende dos seguintes fatores:

- geometria do mancal: dimensões, diâmetro, folga mancal/eixo;
- rotação do eixo;
- carga no mancal;
- temperatura de operação do mancal;
- condições ambientais: temperatura, umidade, poeira e contaminantes;
- método de aplicação.

Lubrificação de mancais de rolamento

Os rolamentos axiais autocompensadores de rolos são lubrificados, normalmente, com óleo. Todos os demais tipos de rolamentos podem ser lubrificados com óleo ou com graxa.

Lubrificação com graxa

Em mancais de fácil acesso, a caixa pode ser aberta para se renovar ou completar a graxa. Quando a caixa é bipartida, retira-se a parte superior; caixas inteiriças dispõem de tampas laterais facilmente removíveis. Como regra geral, a caixa deve ser cheia apenas até um terço ou metade de seu espaço livre com uma graxa de boa qualidade, possivelmente à base de lítio.

Lubrificação com óleo

O nível de óleo dentro da caixa de rolamentos deve ser mantido baixo, não excedendo o centro do corpo rolante inferior. É muito conveniente o emprego de um sistema circulatório para o óleo e, em alguns casos, recomenda-se o uso de lubrificação por neblina.

Intervalos de lubrificação

No caso de rolamentos lubrificados por banho de óleo, o período de troca de óleo depende, fundamentalmente, da temperatura de funcionamento do rolamento e da possibilidade de contaminação proveniente do ambiente. Não havendo grande possibilidade de poluição, e sendo a temperatura inferior a 50°C, o óleo pode ser trocado apenas uma vez por ano. Para temperaturas em torno de 100°C, este intervalo cai para 60 ou 90 dias.

Lubrificação dos mancais dos motores

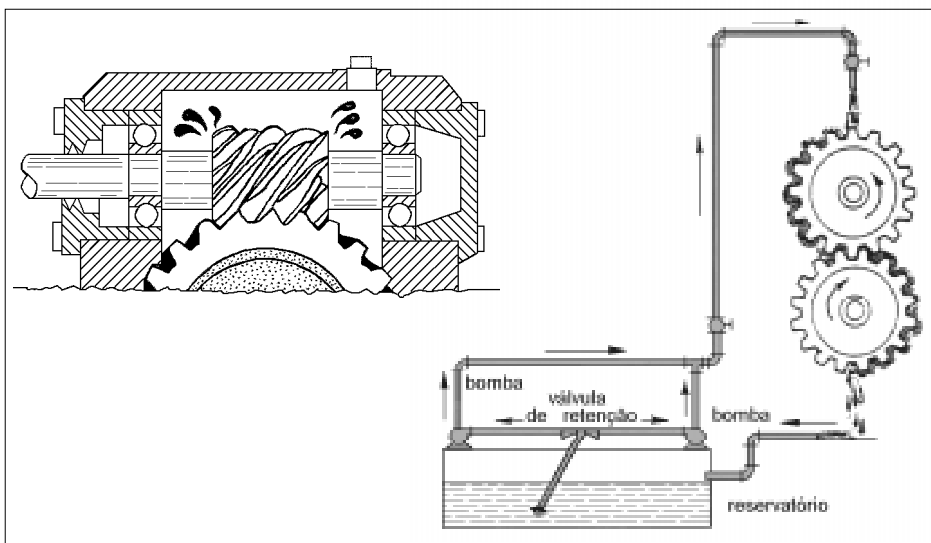
Temperatura, rotação e carga do mancal são os fatores que vão direcionar a escolha do lubrificante.

Regra geral:

- temperaturas altas: óleo mais viscoso ou uma graxa que se mantenha consistente;
- altas rotações: usar óleo mais fino;
- baixas rotações: usar óleo mais viscoso.

Lubrificação de engrenagens fechadas

A completa separação das superfícies dos dentes das engrenagens durante o engrenamento implica presença de uma película de óleo de espessura suficiente para que as saliências microscópicas destas superfícies não se toquem.

O óleo é aplicado às engrenagens fechadas por meio de salpico ou de circulação.

A seleção do óleo para engrenagens depende dos seguintes fatores: tipo de engrenagem, rotação do pinhão, grau de redução, temperatura de serviço, potência, natureza da carga, tipo de acionamento, método de aplicação e contaminação.

Lubrificação de engrenagens abertas

Não é prático nem econômico encerrar alguns tipos de engrenagem numa caixa. Estas são as chamadas engrenagens abertas.

As engrenagens abertas só podem ser lubrificadas intermitentemente e, muitas vezes, só a intervalos regulares, proporcionando películas lubrificantes de espessuras mínimas entre os dentes, prevalecendo as condições de lubrificação limítrofe.

Ao selecionar o lubrificante de engrenagens abertas, é necessário levar em consideração as seguintes condições: temperatura, método de aplicação, condições ambientais e material da engrenagem.

Lubrificação de motorredutores

A escolha de um óleo para lubrificar motorredutores deve ser feita considerando-se os seguintes fatores: tipo de engrenagens; rotação do motor; temperatura de operação e carga. No geral, o óleo deve ser quimicamente estável para suportar oxidações e resistir à oxidação.

Lubrificação de máquinas-ferramenta

Existe, atualmente, um número considerável de máquinas-ferramenta com uma extensa variedade de tipos de modelos, dos mais rudimentares àqueles mais sofisticados, fabricados segundo as tecnologias mais avançadas.

Diante de tão grande variedade de máquinas-ferramenta, recomenda-se a leitura atenta do manual do fabricante do equipamento, no qual serão encontradas indicações precisas para lubrificação e produtos a serem utilizados.

Para equipamentos mais antigos, e não se dispondo de informações mais precisas, as seguintes indicações genéricas podem ser obedecidas:

Sistema de circulação forçada – óleo lubrificante de primeira linha com número de viscosidade S 215 (ASTM).

Lubrificação intermitente (oleadeiras, copo conta-gotas etc.) – óleo mineral puro com número de viscosidade S 315 (ASTM).

Fusos de alta velocidade (acima de 3000 rpm) – óleo lubrificante de primeira linha, de base parafínica, com número de viscosidade S 75 (ASTM).

Fusos de velocidade moderada (abaixo de 3000 rpm) – óleo lubrificante de primeira linha, de base parafínica, com número de viscosidade S 105 (ASTM).

Guias e barramentos – óleos lubrificantes contendo aditivos de adesividade e inibidores de oxidação e corrosão, com número de viscosidade S 1000 (ASTM).

Caixas de redução – para serviços leves podem ser utilizados óleos com número de viscosidade S 1000 (ASTM) aditivados convenientemente com antioxidantes, antiespumantes etc. Para serviços pesados, recomendam-se óleos com aditivos de extrema pressão e com número de viscosidade S 2150 (ASTM).

Lubrificação à graxa – em todos os pontos de lubrificação à graxa pode-se utilizar um mesmo produto. Sugere-se a utilização de graxas à base de sabão de lítio de múltipla aplicação e consistência NLGI 2.

Observações: S = Saybolt; **ASTM** = American Society of Testing Materials (Sociedade Americana de Materiais de Teste). **NLGI** = National Lubricating Grease Institute (Instituto Nacional de Graxa Lubrificante).

Em resumo, por mais complicada que uma máquina pareça, há apenas três elementos a lubrificar:

1. Apoios de vários tipos, tais como: mancais de deslizamento ou rolamento, guia etc.

2. Engrenagens de dentes retos, helicoidais, parafusos de rosca sem-fim etc., que podem estar descobertas ou encerradas em caixas fechadas.

3. Cilindros, como os que se encontram nos compressores e em toda a espécie de motores, bombas ou outras máquinas com êmbolos.

Exercícios

Responda.

Exercício 1
No que consiste a lubrificação?

Exercício 2
Em termos práticos, quais são os lubrificantes mais utilizados?

Exercício 3
Quanto à origem, como se classificam os lubrificantes?

Exercício 4
O que é viscosidade?

Exercício 5
O que são graxas?

Exercício 6
Um mancal de deslizamento que opera sob alta pressão e em baixa rotação deve ser lubrificado com óleo ou graxa? Justifique.

AULA

32

Lubrificação industrial II

Após sofrer sucessivas perdas de componentes de máquinas, a empresa Q. Tal S.A. resolveu sanar o problema. As perdas de componentes causavam constantes paradas das máquinas com conseqüentes atrasos na produção e crescimento dos prejuízos.

Após minucioso estudo realizado por uma qualificada equipe de manutenção recém-admitida, constatou-se que os principais motivos das falhas estavam relacionados com a lubrificação das máquinas e equipamentos, que até então era feita de forma aleatória e desorganizada.

Como a equipe de manutenção resolveu o problema de lubrificação das máquinas? A equipe efetuou algum planejamento? Será que a equipe elaborou algum programa de lubrificação?

Nesta aula abordaremos as formas de planejar e organizar a lubrificação em uma empresa.

Organização da lubrificação

Uma lubrificação só poderá ser considerada correta quando o ponto de lubrificação recebe o lubrificante certo, no volume adequado e no momento exato.

A simplicidade da frase acima é apenas aparente. Ela encerra toda a essência da lubrificação.

De fato, o ponto só recebe **lubrificante certo** quando:

- a especificação de origem (fabricante) estiver correta;
- a qualidade do lubrificante for controlada;
- não houver erros de aplicação;
- o produto em uso for adequado;
- o sistema de manuseio, armazenagem e estocagem estiverem corretos.

O **volume adequado** só será alcançado se:

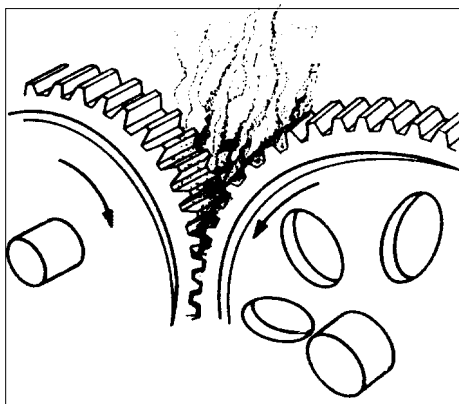
- o lubrificador (homem da lubrificação) estiver habilitado e capacitado;
- os sistemas centralizados estiverem corretamente projetados, mantidos e regulados;
- os procedimentos de execução forem elaborados, implantados e obedecidos;
- houver uma inspeção regular e permanente nos reservatórios.

O **momento exato** será atingido quando:

- houver um programa para execução dos serviços de lubrificação;
- os períodos previstos estiverem corretos;
- as recomendações do fabricante estiverem corretas;
- a equipe de lubrificação estiver corretamente dimensionada;
- os sistemas centralizados estiverem corretamente regulados.

Qualquer falha de lubrificação provoca, na maioria das vezes, desgastes com conseqüências a médio e longo prazos, afetando a vida útil dos elementos lubrificados. Pouquíssimas vezes a curto prazo.

Estudos efetuados por meio da análise ferrográfica de lubrificantes têm mostrado que as partículas geradas como efeito da má lubrificação são partículas do tipo normal, porém em volumes muito grandes, significando que o desgaste nestas circunstâncias ocorre de forma acelerada, levando inexoravelmente até a falha catastrófica.

Uma máquina, em vez de durar vinte anos, irá se degradar em cinco anos. Um mancal de um redutor previsto para durar dois anos será trocado em um ano. Os dentes de engrenagens projetados para operarem durante determinado período de tempo terá de ser substituído antecipadamente.

Se projetarmos estes problemas para os milhares de pontos de lubrificação existentes, teremos uma idéia do volume adicional de paradas que poderão ser provocadas, a quantidade de sobressalentes consumidos e a mão-de-obra utilizada para reparos.

Somente um monitoramento feito por meio da ferrografia poderá determinar os desgastes provocados pela má lubrificação.

É muito difícil diagnosticar uma falha catastrófica resultante da má lubrificação. Normalmente se imagina que se a peça danificada estiver com lubrificante, o problema não é da lubrificação. Mas quem poderá garantir a qualidade da lubrificação ao longo dos últimos anos?

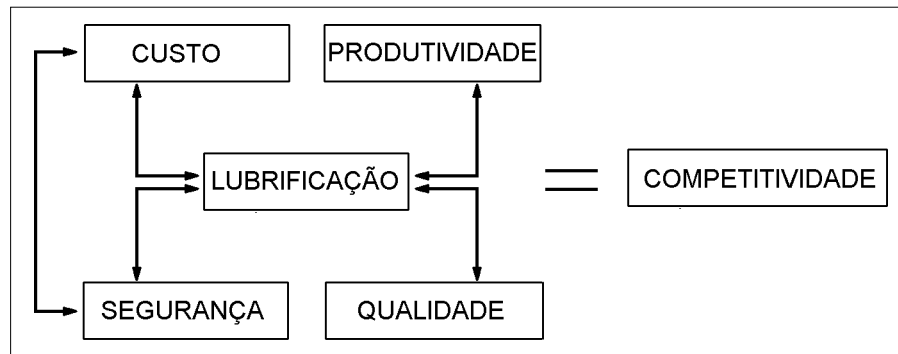
Somente a prática da lubrificação correta, efetuada de forma contínua e permanente, garante uma vida útil plena para os componentes de máquinas.

Por fim, acrescentamos que, embora não percebida por muitos, a lubrificação correta concorre, também, para a redução no consumo de energia e na preservação dos recursos naturais.

Não estamos falando da energia que é economizada como conseqüência da redução de atrito, mas da energia embutida, isto é, a energia inerente ao processo de fabricação das peças desgastadas e substituídas.

Quando trocamos uma peça prematuramente, estamos consumindo toda a energia embutida no processamento e uma parte dos recursos naturais não-renováveis, como os minérios.

Produtividade, qualidade, custo e segurança não são mais fatores isolados para o crescimento das empresas. Esses fatores estão inter-relacionados entre si e inter-relacionados com a lubrificação, conforme mostra o esquema a seguir.

CUSTO
PRODUTIVIDADE
LUBRIFICAÇÃO
=
COMPETITIVIDADE
SEGURANÇA
QUALIDADE

Por fim, uma lubrificação organizada apresenta as seguintes vantagens:

- aumenta a vida útil dos equipamentos em até dez vezes ou mais;
- reduz o consumo de energia em até 20%;
- reduz custos de manutenção em até 35%;
- reduz o consumo de lubrificantes em até 50%.

Programa de lubrificação

Em qualquer empreendimento industrial, independentemente do seu porte, o estabelecimento de um programa racional de lubrificação é fator primordial para a obtenção da melhor eficiência operacional dos equipamentos.

A existência de um programa racional de lubrificação e sua implementação influem de maneira direta nos custos industriais pela redução do número de paradas para manutenção, diminuição das despesas com peças de reposição e com lubrificantes e pelo aumento da produção, além de melhorar as condições de segurança do próprio serviço de lubrificação.

A primeira providência para a elaboração e instalação de um programa de lubrificação refere-se a um levantamento cuidadoso das máquinas e equipamentos e das suas reais condições de operação.

Para maior facilidade, recomenda-se que tal levantamento seja efetuado por setores da empresa, especificando-se sempre todos os equipamentos instalados, de maneira que eles possam ser identificados de maneira inequívoca.

Uma vez concluído este primeiro passo, deve-se verificar quais os equipamentos cujos manuais do fabricante estão disponíveis e quais os tipos e marcas de lubrificantes para eles recomendados.

De posse dos dados anteriores, deve-se elaborar um plano de lubrificação para cada equipamento, em que ele deve ser identificado. E ainda mencionar todos os seus pontos de lubrificação, métodos a empregar, produtos recomendados e periodicidade da lubrificação.

Para facilitar aos operários encarregados da lubrificação e minimizar a possibilidade de erros nas tarefas de lubrificação (aplicação de produtos indevidos), sugere-se identificar, nas máquinas, todos os pontos de lubrificação com um símbolo correspondente ao do produto a ser nele aplicado. Há várias maneiras de se estabelecer tais códigos, sendo prática a utilização de cores e figuras geométricas para facilitar a tarefa de identificação.

Assim, círculos podem representar pontos lubrificados a óleo e triângulos ou quadrados, pontos lubrificados a graxas. E a cor de cada uma dessas figuras será determinada pelas características do produto a ser empregado.

Como exemplo, um óleo para lubrificação de mancais de rolamento com velocidade de 10000 rpm e temperatura de operação na faixa dos 60°C poderia ser identificado do seguinte modo:

(V) óleo lubrificante de primeira linha com inibidores de oxidação e corrosão;
viscosidade SSU a 210°F de 52 a 58 segundos. Marca comercial X e fornecedor Y.

Observação: V = vermelho

O trecho de um plano de lubrificação, como anteriormente mencionado, pode-se apresentar da seguinte forma:

Equipamento	Parte a lubrificar	Método	Produto	Observações
Retífica nº1	Cabeçote do rebolo	Banho de óleo	(A)	(1)
	Cabeçote fixo	Banho de óleo	(B)	(1)
	Caixa de Redução	Banho de óleo	(B)	(1)
	Lubrificação geral a óleo	Almotolia	(Ve)	(2)
	Lubrificação geral a graxa	Pistola	(V)	(3)

Obs.:
1 - Completar o nível semanalmente.Trocar a carga a cada 180 dias.
2 - Abastecer diariamente as oleadeiras.
3 - Abastecer mensalmente os pinos graxeiros.

Neste exemplo, os produtos estão representados pelos seus respectivos códigos, em que as letras no interior do círculo representam as cores que identificam os lubrificantes. Nesse caso sugerido, temos: A = amarelo; B = branco; Ve = verde e V = vermelho.

Esses códigos, por sua vez, seriam pintados, nas respectivas cores, nos diferentes pontos de lubrificação do equipamento.

Acompanhamento e controle

Visando racionalizar o uso dos óleos e graxas lubrificantes, sempre que é elaborado um programa geral de lubrificação procura-se reduzir ao máximo a quantidade de produtos recomendados.

No que se refere ao controle, podem ser elaboradas fichas para cada seção da empresa, nas quais serão mencionados os respectivos equipamentos e anotados dados como: freqüência de lubrificação, quantidade de lubrificantes a aplicar etc.

Tais fichas são distribuídas aos operários encarregados da execução da lubrificação e devem ser devolvidas com as anotações devidas.

O consumo é controlado, quando possível, por equipamento. Em geral, para métodos de lubrificação manual (almotolia, pistola de graxa, copos graxeiros, copos conta-gotas etc.), fica difícil o controle de consumo por equipamento. Recomenda-se, nesse caso, considerar o consumo por seção, dividi-lo pelo número de pontos lubrificados, obtendo-se então um consumo médio por ponto de lubrificação, que multiplicado pelo número de pontos a lubrificar do equipamento, fornece o seu consumo médio no período de tempo considerado. Esse consumo deve ser dimensionado de acordo com o porte de cada empresa.

Armazenagem e manuseio de lubrificantes

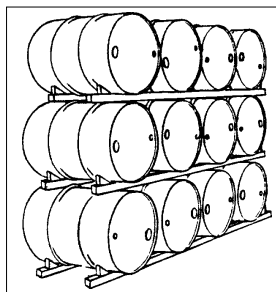
Os óleos lubrificantes são embalados usualmente em tambores de 200 litros, conforme norma do INMETRO (Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial).

As graxas são comercializadas em quilograma e os tambores são de 170 kg ou 180 kg, conforme o fabricante.

Em relação ao manuseio e armazenagem de lubrificantes, deve-se evitar a presença de água. Os óleos contaminam-se facilmente com água. A água pode ser proveniente de chuvas ou da umidade do ar. Areia, poeira e outras partículas estranhas também são fatores de contaminação de óleos e graxas.

Outro fator que afeta os lubrificantes, especialmente as graxas, é a temperatura muito elevada, que pode decompô-las.

Quando não houver possibilidade de armazenagem dos lubrificantes em recinto fechado e arejado, devem ser observados os seguintes cuidados:

- manter os tambores sempre deitados sobre ripas de madeira para evitar a corrosão;
- nunca empilhar os tambores sobre aterros de escórias, pois estas atacam seriamente as chapas de aços de que eles são feitos;
- em cada extremidade de fila, os tambores devem ser firmemente escorados por calços de madeira. Os bujões devem ficar em fila horizontal;

- fazer inspeções periódicas para verificar se as marcas dos tambores continuam legíveis e descobrir qualquer vazamento;
- se os tambores precisarem ficar na posição vertical, devem ser cobertos por um encerado. Na falta do encerado, o recurso é colocá-los ligeiramente inclinados,com o emprego de calços de madeira, de forma que se evite o acúmulo de água sobre qualquer um dos bujões.

A armazenagem em recinto fechado e arejado pode ser feita em estantes de ferro apropriadas chamadas racks ou em estrados de madeira chamados pallets.

O emprego de racks exige o uso de um mecanismo tipo monorail com talha móvel para a colocação e retirada dos tambores das estantes superiores. Para a manipulação dos pallets, é necessária uma empilhadeira com garfo.

Uma outra possibilidade é dispor os tambores horizontalmente e superpostos em até três filas, com ripas de madeira de permeio e calços convenientes, conforme já foi mostrado. A retirada dos tambores é feita usando-se uma rampa formada por duas tábuas grossas colocadas em paralelo, por onde rolam cuidadosamente os tambores.

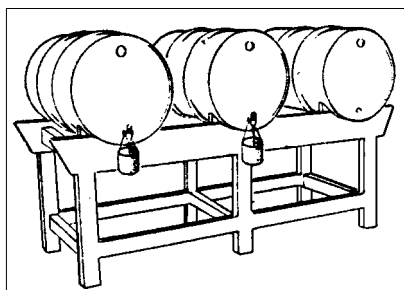
Panos e estopas sujos de óleo não devem ser deixados nesses locais, porque constituem focos de combustão, além do fator estético.

O almoxarifado de lubrificantes deve ficar distante de poeiras de cimento, carvão etc., bem como de fontes de calor como fornos e caldeiras.

O piso do almoxarifado de lubrificantes não deve soltar poeira e nem absorver óleo depois de um derrame acidental.

Pode-se retirar óleo de um tambor em posição vertical utilizando uma pequena bomba manual apropriada.

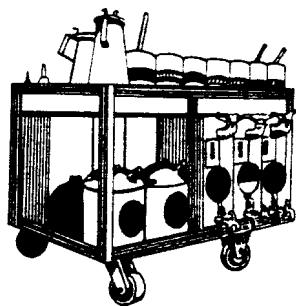
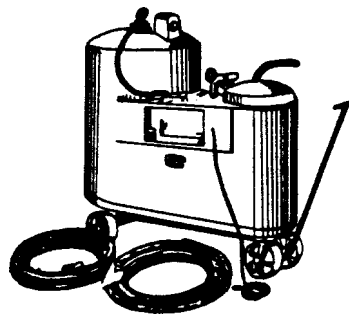
Os tambores que estiverem sendo usados devem ficar deitados horizontalmente sobre cavaletes adequados. A retirada de óleo é feita, nesse caso, por meio de torneiras apropriadas.

Geralmente adapta-se a torneira ao bujão menor. Para o caso de óleos muito viscosos, recomenda-se usar o bujão menor. O bujão com a torneira adaptada deve ficar voltado para baixo, e uma pequena lata deve ser colocada para captar um eventual gotejamento, conforme a figura.

Os recipientes e os funis devem ser mantidos limpos, lavados periodicamente com querosene e enxugados antes de voltarem ao uso.

Para graxas, que em geral são em número reduzido e cujo consumo é muito menor que o de óleos, recomenda-se o emprego de bombas apropriadas, mantendo-se o tambor sempre bem fechado.

Acessórios de lubrificação

Os principais acessórios utilizados em lubrificação são os seguintes:

Talha: serve para mover os tambores de lubrificantes e pode ser manual ou elétrica.	**Empilhadeira:** é utilizada na estocagem dos tambores.	**Tanque:** é utilizado para a limpeza do equipamento de lubrificação.
Misturador: é aplicado para misturar óleo solúvel com água.	**Torneira:** é utilizada para retirar óleo do tambor e é aplicada nos orifícios dos bujões de enchimento.	**Equipamento de retirada de óleo:** são, normalmente, bombas manuais, que são instaladas no bujão do tambor.
Equipamento para retirada de graxa: a graxa, devido a sua consistência, exige a remoção da tampa e instalação de um equipamento especial à base de ar comprimido, que a mantém comprimida contra a base do tambor mediante uma chapa.	**Enchedores de pistola de graxa:** são úteis para evitar contaminações, podendo ser manuais ou a ar comprimido.	**Pistolas portáteis para graxa:** são usadas para lubrificação de grupos de equipamentos e podem ser a ar comprimido ou elétricas.

Carrinhos de lubrificação: por causa da necessidade de se aplicar diferentes tipos de lubrificantes a vários equipamentos e em locais distantes, usam-se carrinhos de lubrificantes.	**Lubrificadores de fusos têxteis:** são aparelhos utilizados para retirar o óleo usado, limpar o recipiente e aplicar óleo novo.

O lubrificador

O homem-chave de toda a lubrificação é o lubrificador. De nada adiantam planos de lubrificação perfeitos, programas sofisticados e controles informatizados, se os homens que executam os serviços não estiverem devidamente capacitados e habilitados para a função.

Um bom lubrificador deve ter conhecimentos e habilidades que lhe permitam discernir entre o que é correto e o que é errado em lubrificação. O bom lubrificador deverá saber:

- a forma certa de lubrificar um equipamento;
- quais lubrificantes são utilizados na empresa;
- quais os efeitos nocivos da mistura de lubrificantes;
- quais os equipamentos de lubrificação devem ser utilizados;
- quais as conseqüências de uma contaminação;
- evitar a contaminação;
- quais procedimentos seguir para a retirada de amostras;
- como estocar, manusear e armazenar lubrificantes;
- qual a relação entre lubrificação e segurança pessoal;
- quais as conseqüências de uma má lubrificação;
- quais as funções e principais características dos lubrificantes;
- quais os impactos dos lubrificantes no meio ambiente;
- o que são sistemas de lubrificação;
- como funcionam os sistemas de lubrificação;
- como cuidar dos sistemas de lubrificação;
- quais equipamentos devem ser lubrificados;
- quais pontos de lubrificação devem receber lubrificante.

Como se pode observar, o lubrificador deve ser um profissional gabaritado e competente.

Exercícios

Assinale com X a alternativa correta.

Exercício 1

Podemos considerar que uma lubrificação está correta quando a máquina receber:

a) ( ) o lubrificante correto, com média viscosidade e baixa fluidez;
b) ( ) o lubrificante mais aditivado, com alta fluidez e baixa viscosidade;
c) ( ) o lubrificante correto, no volume correto e no momento adequado;
d) ( ) o lubrificante de origem parafínica com a viscosidade ideal;
e) ( ) o lubrificante de melhor qualidade e de origem naftênica com alta viscosidade.

Exercício 2

As falhas de lubrificação em máquinas podem provocar:

a) ( ) desgaste nos componentes afetando a vida útil deles;
b) ( ) a eliminação das forças de atrito com aumento de potência;
c) ( ) vibrações harmônicas nos componentes, que passam a trabalhar melhor;
d) ( ) aumento na velocidade dos componentes móveis;
e) ( ) apenas rachaduras nos cabeçotes, correias e eixos.

Exercício 3

Uma lubrificação organizada apresenta as seguintes vantagens:

a) ( ) aumenta o consumo de energia e diminui a vida útil da máquina;
b) ( ) reduz o consumo de energia, reduz os custos, reduz o consumo de lubrificantes e aumenta a vida útil da máquina;
c) ( ) reduz o consumo de energia, reduz os custos, aumenta o consumo de lubrificantes e aumenta a vida útil da máquina;
d) ( ) aumenta o consumo de energia, reduz os custos, reduz o consumo de lubrificantes e mantém a vida útil da máquina;
e) ( ) reduz o consumo de energia, aumenta os custos, reduz o consumo de lubrificantes e prolonga a vida útil da máquina.

Exercício 4

A primeira providência a ser executada ao se instalar um programa de lubrificação é:

a) ( ) colocar lubrificantes altamente viscosos em todos os componentes de todas as máquinas;
b) ( ) ficar um mês sem lubrificar as máquinas que estão em serviço e lubrificar somente aquelas que estão paradas para manutenção;
c) ( ) trocar os lubrificantes de todas as máquinas que estão em serviço e lubrificar, somente com graxa, aquelas paradas para manutenção;
d) ( ) fazer um levantamento cuidadoso das máquinas para avaliar suas reais condições;
e) ( ) importar óleos e graxas da Europa, pois não se pode confiar nos produtos comercializados pelas empresas instaladas no País.

Exercício 5

A estocagem e a armazenagem de óleos lubrificantes exigem alguns cuidados. Entre esses cuidados, deve-se evitar:

a) ( ) a presença de graxas, pois elas reagem com os óleos e formam piche;
b) ( ) locais arejados, pois o ar oxida todos os óleos com grande rapidez;
c) ( ) locais com temperatura ao redor de 22°C, que pode degradar os óleos;
d) ( ) tambores deitados ou de pé, pois o ideal é mantê-los pendurados;
e) ( ) a presença de água, pois esta é contaminante.

AULA

33

Análise de lubrificantes por meio da técnica ferrográfica

Uma fresadora CNC foi vistoriada pela equipe de manutenção da empresa Kikoisa S.A. e o líder da equipe ficou encarregado de efetuar a coleta de amostra do óleo lubrificante da máquina para uma ferrografia, pois era preciso constatar a ocorrência de desgaste de alguns componentes de funções importantes.

Como o líder coletou a amostra de óleo? Como o exame de um óleo permite detectar desgastes? O que é exame ferrográfico?

Nesta aula, as respostas para as perguntas acima serão discutidas.

Conceito de ferrografia

A ferrografia é uma técnica de avaliação das condições de desgaste dos componentes de uma máquina por meio da quantificação e observação das partículas em suspensão no lubrificante.

Essa técnica satisfaz todos os requisitos exigidos pela manutenção preditiva e também pode ser empregada na análise de falhas e na avaliação rápida do desempenho de lubrificantes.

Origem da ferrografia

A ferrografia foi descoberta em 1971 por Vernon C. Westcott, um tribologista de Massachusetts, Estados Unidos, e desenvolvida durante os anos subseqüentes com a colaboração de Roderic Bowen e patrocínio do Centro de Engenharia Aeronaval Americano e outras entidades.

O objetivo inicialmente proposto foi o de quantificar a severidade do desgaste de máquinas e para a pesquisa foram adotadas as seguintes premissas:

1. Toda máquina desgasta-se antes de falhar.

2. O desgaste gera partículas.

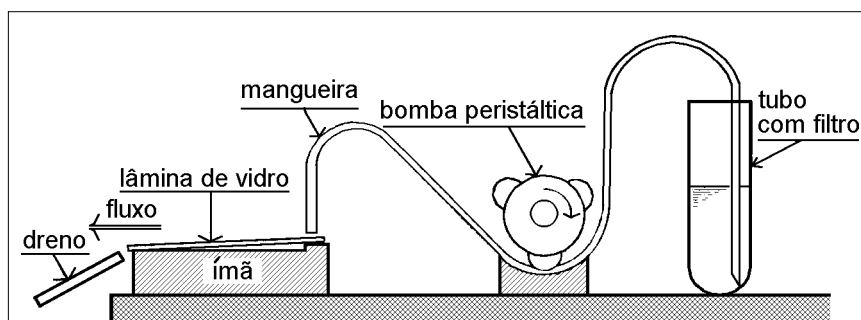
3. A quantidade e o tamanho das partículas são diretamente proporcionais à severidade do desgaste que pode ser constatado mesmo a olho nu.

4. Os componentes de máquinas, que sofrem atrito, geralmente são lubrificados, e as partículas permanecem em suspensão durante um certo tempo.

5. Considerando que as máquinas e seus elementos são constituídos basicamente de ligas de ferro, a maior parte das partículas provém dessas ligas.

A técnica ferrográfica

O método usual de quantificação da concentração de material particulado consiste na contagem das partículas depositadas em papel de filtro e observadas em microscópio. Este método, porém, não proporciona condições adequadas para a classificação dimensional, que é de grande importância para a avaliação da intensidade do desgaste de máquinas.

Orientando-se pela quinta premissa, ou seja, de que há predominância de ligas ferrosas nas máquinas e seus elementos, Westcott inventou um aparelho para separar as partículas de acordo com o tamanho. O aparelho chama-se **ferrógrafo.**

Funcionamento do ferrógrafo

Acompanhando a figura anterior, o ferrógrafo de Westcott é constituído de um tubo de ensaio, uma bomba peristáltica, uma mangueira, uma lâmina de vidro, um ímã e um dreno.

A bomba peristáltica, atuando na mangueira, faz com que o lubrificante se desloque do tubo de ensaio em direção à lâmina de vidro, que se encontra ligeiramente inclinada e apoiada sobre um ímã com forte campo magnético. A inclinação da lâmina de vidro garantirá que o fluxo do lubrificante tenha apenas uma direção.

O lubrificante, do tubo de ensaio até a extremidade final da mangueira, transporta partículas grandes e pequenas com a mesma velocidade. Quando o fluxo passa sobre a lâmina de vidro, a velocidade de imersão ou afundamento das partículas grandes passa a ser maior que a velocidade das pequenas. Isto ocorre devido à ação do campo magnético do ímã. Nesse momento, começa a separação entre partículas grandes e pequenas.

As partículas grandes vão se fixando na lâmina de vidro logo no seu início, e as menores depositam-se mais abaixo.

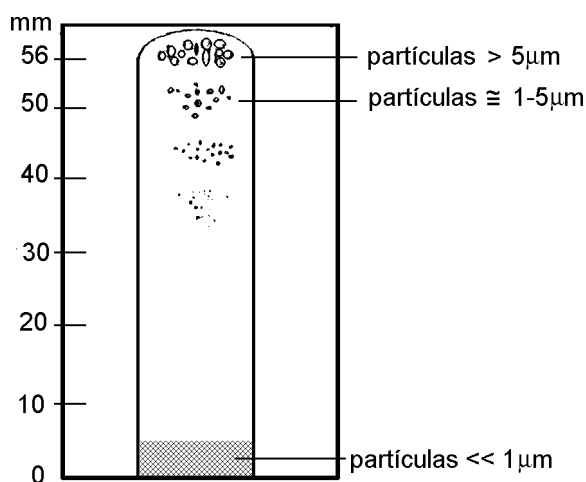
Com esse ferrógrafo, constatou-se que as partículas maiores que 5 mm fixam-se no início da placa de vidro e que as partículas entre 1 mm e 2 mm fixam-se seis milímetros abaixo. Essas posições têm grande importância, pois as partículas provenientes de desgastes severos geralmente apresentam dimensões com mais de 15 mm, enquanto as partículas provenientes de desgastes normais apresentam dimensões ao redor de 1 mm a 2 mm.

O dimensionamento de partículas é efetuado com o auxílio de um microscópio de alta resolução.

Muitas tentativas foram feitas até se obter a vazão de fluido e o ímã mais adequados. Nos ferrógrafos atuais, a vazão é de 0,3 ml de fluido por minuto e 98% das partículas ficam retidas na lâmina de vidro, mesmo as não magnéticas.

Ferrograma

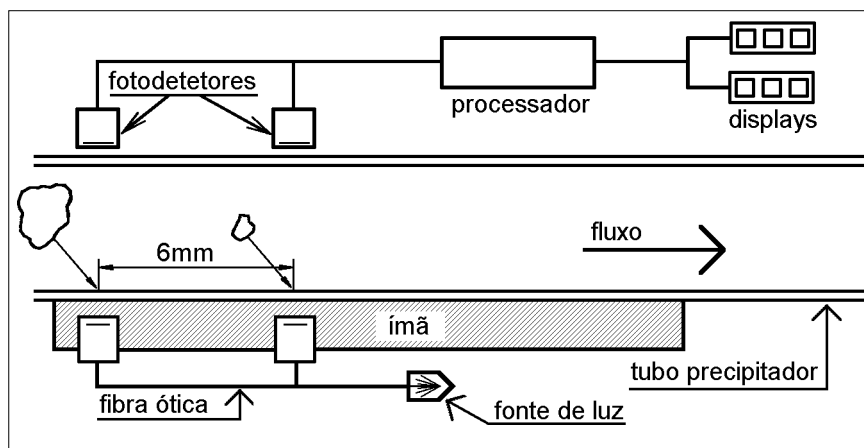
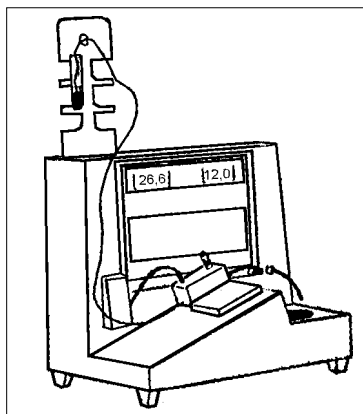
A figura seguinte mostra um ferrograma, isto é, uma lâmina preparada que permite obter a dimensão aproximada de partículas depositadas. A lâmina mede aproximadamente 57 mm. Ao longo dela passa o fluxo de lubrificante que vai deixando as partículas atrás de si. Como foi dito, as maiores ficam no início do fluxo e as menores, no final.

mm
56
50
40
30
20
10
0
partículas > 5µm
partículas ≅ 1-5µm
partículas << 1µm

As partículas não magnéticas, como as provenientes de cobre e suas ligas, alumínio e suas ligas, cromo e suas ligas, compostos orgânicos, areia etc., também depositam-se no ferrograma. Isto é explicável pela ação da gravidade, auxiliada pela lentidão do fluxo, além de algum magnetismo adquirido pelo atrito desses materiais com partículas de ligas de ferro.

As partículas não magnéticas distinguem-se das partículas de ligas ferrosas pela disposição que as primeiras assumem no ferrograma. No ferrograma as partículas de materiais não magnéticos depositam-se aleatoriamente, sem serem alinhadas pelo campo magnético do ímã.

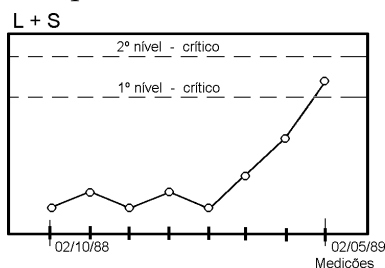
Uma outra importante utilidade do ferrograma é que ele permite descobrir as causas dos desgastes: deslizamento, fadiga, excesso de cargas etc. Essas causas geram partículas de forma e cores específicas, como se fossem impressões digitais deixadas na vítima pelo criminoso.

Ferrografia quantitativa

Com a evolução do ferrógrafo, chegou-se ao ferrógrafo de leitura direta, que permite quantificar as partículas grandes e pequenas de modo rápido e objetivo. Seu princípio é o mesmo adotado nas pesquisas com ferrogramas e encontra-se esquematizado a seguir.

A luz, proveniente da fonte, divide-se em dois feixes que passam por uma fibra óptica. Esses feixes são parcialmente atenuados pelas partículas nas posições de entrada e seis milímetros abaixo. Os dois feixes atenuados são captados por sensores ópticos ou fotodetectores que mandam sinais para um processador, e os resultados são mostrados digitalmente em um display de cristal líquido. Os valores encontrados são comparados com os valores obtidos por um ensaio sobre uma lâmina limpa, considerando que a diferença de atenuações da luz é proporcional à quantidade de partículas presentes.

O campo de medição vai de 0 a 190 unidades DR (Direct Reading = Leitura Direta), mas é linear apenas até 100. A partir deste valor, as partículas empilham-se umas sobre as outras, acarretando leituras menores que as reais. Por isso, muitas vezes é necessário diluir o lubrificante original para se manter a linearidade.

O acompanhamento da máquina, por meio da ferrografia quantitativa, possibilita a construção de gráficos, e as condições de maior severidade são definidas depois de efetuadas algumas medições. Os resultados obtidos são tratados estatisticamente.

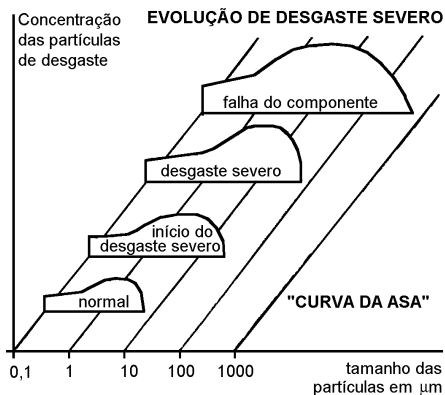
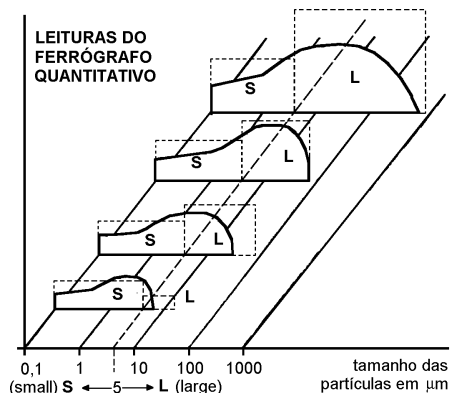
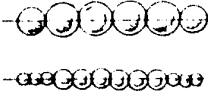
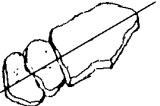
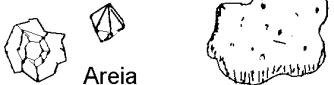
Por exemplo, o gráfico a seguir, chamado gráfico de tendências, é obtido por meio da ferrografia quantitativa.

O valor L + S, chamado concentração total de partículas, é um dos parâmetros utilizados para avaliação do desgaste.

Significados:

L – (abreviatura de **large,** que significa grande) corresponde ao valor encontrado de partículas grandes (> 5 mm).

S – (abreviatura de **small,** que significa pequeno) corresponde ao valor encontrado de partículas pequenas (< 5 mm).

Outros parâmetros podem ser utilizados juntamente com o L + S, por exemplo, o índice de severidade Is = (L + S) (L - S).

O gráfico a seguir, chamado "curva da asa", mostra a evolução do desgaste dos elementos de uma máquina. Observe que o tamanho das partículas provenientes de desgaste normal varia de 0,1 mm até aproximadamente 5 mm. A presença de partículas maiores que 10 mm praticamente garantirá a indesejável falha do componente.

Para maior clareza, observe o gráfico seguinte que mostra as faixas limítrofes dos tamanhos das partículas.

Ferrografia analítica

A identificação das causas de desgaste é feita por meio do exame visual da morfologia, cor das partículas, verificação de tamanhos, distribuição e concentração no ferrograma.

Pela ferrografia analítica, faz-se a classificação das partículas de desgaste em cinco grupos. O quadro a seguir mostra os cinco grupos de partículas de desgaste e as causas que as originam.

CLASSIFICAÇÃO DAS PARTÍCULAS	CAUSAS
Ferrosas	esfoliação; corte por abrasão; fadiga de rolamento; arrastamento; desgaste severo por deslizamento.
Não-ferrosas	metais brancos; ligas de cobre; ligas de metal patente ou antifricção.
Óxidos de ferro	óxidos vermelhos; óxidos escuros; metais oxidados escuros.
Produtos da degradação do lubrificante	corrosão; polímeros de fricção.
Contaminantes	poeira de estrada; pó de carvão; asbesto; material de filtro; flocos de carbono.

As fotografias constituem a única forma de mostrar, com clareza, os aspectos dos ferrogramas, mas podemos esboçá-los, simplificadamente, para registrar as informações, conforme exemplo a seguir.

1	ESFOLIAÇÃO	2	CORTE POR ABRASÃO
	* Escamas * Superfície lisa * 0,5 ~ 5µm		* Cavacos * Existência de areia * 10 ~ 100µm
3	FADIGA (rolamento e engrenagem)	4	ARRASTAMENTO (engrenagens)
	* Esferas *~ Regulares *~ 3µm		* Superfície rugosa * Coloração por temperatura * >20µm
5	DESGASTE SEVERO POR DESLIZAMENTO	6	PARTÍCULAS DIVERSAS
	* Estrias * Corte reto * > 20µm		Areia Polímeros de fricção

Ferrografia e outras técnicas

Ferrografia, espectrometria e análise de vibrações constituem as principais técnicas de diagnóstico das condições dos componentes mecânicos das máquinas.

As duas primeiras empregam métodos diversos para avaliar o mesmo tipo de problema: o desgaste. Ambas concentram a análise nas partículas suspensas no lubrificante, mas com parâmetros diferentes.

A ferrografia tem por parâmetros a concentração, o tamanho, a morfologia e a cor das partículas, enquanto a espectrometria considera apenas a concentração dos elementos químicos que as compõem.

A análise de vibrações tem por parâmetro o comportamento dinâmico das máquinas, quando excitadas por forças provenientes de irregular distribuição de massas, erros de montagem, pulsações dinâmicas etc., bem como de problemas mais avançados de desgaste.

Em resumo, a ferrografia, a espectrometria e a análise de vibrações se complementam, pois, de forma isolada, essas técnicas apresentam limitações.

Coletas de amostras de lubrificante

Para se coletar uma amostra de lubrificante em serviço, deve-se escolher criteriosamente o ponto de coleta; o volume a ser recolhido e qual método deverá ser utilizado na coleta.

Escolha do ponto de coleta

As partículas que interessam para a análise são aquelas geradas recentemente. Considerando este pré-requisito, o ponto de coleta deverá ser aquele em que uma grande quantidade de partículas novas estejam presentes em região de grande agitação.

Exemplos:

- tubulação geral de retorno do lubrificante para o reservatório;
- janela de inspeção de reservatório, próximo à tubulação de descarga;
- drenos laterais em reservatórios ou cárteres;
- dreno geral de reservatório ou cárteres, em região de agitação;
- varetas de nível.

Pontos após filtros ou após chicanas de reservatórios devem ser evitados, pois esses elementos retiram ou precipitam as partículas do lubrificante.

Volume de amostra

São necessários apenas 100 ml de amostra, que é colocada em um frasco com capacidade para 150 ml. Excesso de lubrificante, após a coleta, deve ser descartado imediatamente, para evitar que as partículas se precipitem. O espaço de 50 ml, que corresponde a 1/3 do frasco, é deixado vazio para permitir uma agitação posterior da amostra.

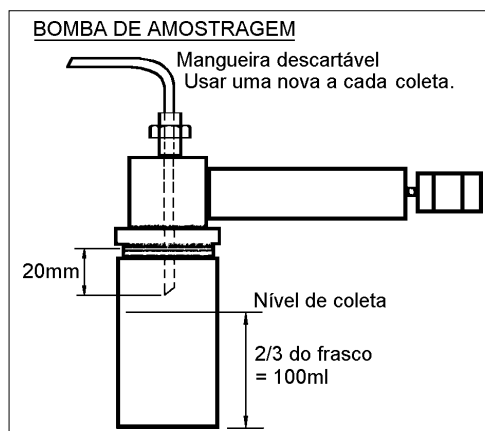
Métodos de coleta

Os principais métodos de coleta de lubrificantes envolvem válvulas de coleta, bombas de coleta e imersão.

Se a máquina estiver dotada de válvulas de coletas, o método de coleta deverá passar pela seguinte seqüência:

- limpar a região da coleta;
- abrir a válvula permitindo uma vazão razoável para arrastar as partículas (filete de 1/4” a 2”, proporcional à máquina);
- purgar 2 a 3 vezes o volume parado na tubulação da válvula;

- retirar o frasco quando completar o nível de coleta nele indicado;
- fechar a válvula (nunca abri-la ou fechá-la sobre o frasco);
- descartar imediatamente o lubrificante que excedeu o nível de coleta;
- tampar o frasco com batoque plástico e tampa roscada;
- limpar o frasco;
- identificar a amostra com os seguintes dados: máquina, ponto de coleta, empresa e data.

A coleta de amostras de lubrificante, na maioria dos casos, pode ser feita com o auxílio de uma bomba de coleta. A figura seguinte mostra o esquema de uma bomba de coleta.

O método de coleta que envolve o uso de uma bomba de coleta deve obedecer aos passos:

- cortar um pedaço de mangueira plástica nova, com comprimento suficiente para alcançar o lubrificante na região média compreendida abaixo de sua superfície e acima do fundo do depósito onde ele se encontra;
- introduzir uma das extremidades da mangueira na bomba, de modo que essa extremidade fique aparente;
- introduzir a extremidade livre da mangueira até a metade do nível do lubrificante, cuidando para que o fundo do recipiente não seja tocado;
- aspirar o lubrificante;
- descartar imediatamente o lubrificante que exceder o nível de coleta;
- tampar o frasco com batoque plástico e tampa roscada;
- limpar o frasco;
- identificar a amostra com os seguintes dados: máquina, ponto de coleta, empresa e data;
- descartar a mangueira.

Se o lubrificante estiver em constante agitação, a amostra poderá ser coletada pelo método da imersão que consiste em mergulhar o frasco no lubrificante. Em casos de temperaturas elevadas o frasco é fixado em um cabo dotado de braçadeiras. Esse cuidado é necessário para evitar queimaduras no operador.

A seqüência para aplicar o método da imersão consiste nos seguintes passos:
- destampar o frasco e prendê-lo no suporte com braçadeiras;
- introduzir o frasco no reservatório ou canal de lubrificante, com a boca para baixo, até que o nível médio do lubrificante seja alcançado, sem tocar no fundo do reservatório ou canal;

- virar o frasco para cima, permitindo a entrada do lubrificante;
- descartar imediatamente o excesso de lubrificante que exceder o nível de coleta;
- tampar o frasco com batoque plástico e tampa roscada;
- limpar o frasco;
- identificar a amostra com os seguintes dados: máquina, ponto de coleta, empresa, data.

Exercícios

Assinale X na alternativa correta.

Exercício 1

O aparelho utilizado para determinar o tamanho, a cor e a quantidade de partículas existentes em um lubrificante que atua em uma máquina chama-se:

a) ( ) barógrafo;
b) ( ) ferrógrafo;
c) ( ) termógrafo;
d) ( ) pantógrafo;
e) ( ) volumógrafo.

Exercício 2

O pai da análise ferrográfica foi:

a) ( ) Júlio Verne;
b) ( ) Roderic Bowen;
c) ( ) David Bowie;
d) ( ) Minesota Massachusetts;
e) ( ) Vernon Westcott.

Exercício 3

Ferrograma é uma lâmina preparada que permite analisar um óleo lubrificante de uma máquina. Nessa análise constata-se a existência de partículas metálicas que podem ser classificadas quanto:

a) ( ) à origem e ao tamanho;
b) ( ) ao tamanho e à constituição química;
c) ( ) à constituição química e ao perfil;
d) ( ) à capacidade de absorver óleo e ao perfil;
e) ( ) ao perfil, constituição química e tamanho.

Exercício 4

Se o exame ferrográfico de um óleo de máquina revelar a presença de partículas metálicas maiores que 15mm, pode-se concluir que elas são oriundas de um desgaste:

a) ( ) normal;
b) ( ) delicado;
c) ( ) severo;
d) ( ) oxidante;
e) ( ) redutor.

Exercício 5

A ferrografia analítica permite classificar as partículas em:

a) ( ) dois grupos;
b) ( ) três grupos;
c) ( ) quatro grupos;
d) ( ) cinco grupos;
e) ( ) seis grupos.

Exercício 6

O volume de uma amostra de óleo a ser examinado por ferrografia deve ser de:

a) ( ) 100 ml;
b) ( ) 200 ml;
c) ( ) 300 ml;
d) ( ) 400 ml;
e) ( ) 500 ml.

AULA

34

Análise de vibrações

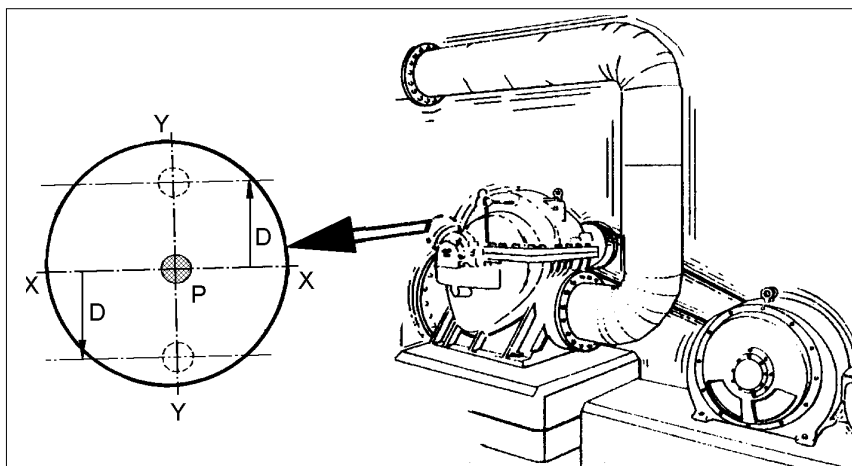
Um especialista em manutenção preditiva foi chamado para monitorar uma máquina em uma empresa. Ele colocou sensores em pontos estratégicos da máquina e coletou, em um registrador, todos os tipos de vibrações emitidos por ela.

Depois de algumas horas de acompanhamento, o especialista analisou os dados coletados e detectou, com base nos parâmetros já existentes, que havia uma falha em um mancal de rolamento.

Como é possível, por meio de vibrações, detectar falhas em componentes de máquinas?

Nesta aula veremos como detectar falhas de componentes de máquinas por meio da análise de vibrações.

Vibração mecânica

Para compreender os fundamentos do princípio da análise de vibrações, será preciso compreender o que é vibração mecânica. Leia atentamente o que se segue, orientado-se pela figura abaixo, que mostra um equipamento sujeito a vibrações.

Pois bem, vibração mecânica é um tipo de movimento, no qual se considera uma massa reduzida a um ponto ou partícula submetida a uma força. A ação de uma força sobre o ponto obriga-o a executar um movimento vibratório.

No detalhe da figura anterior, o ponto P, quando em repouso ou não estimulado pela força, localiza-se sobre o eixo x**.** Sendo estimulado por uma força, ele se moverá na direção do eixo y, entre duas posições limites, eqüidistantes de x, percorrendo a distância 2D, isto é, o ponto P realiza um movimento oscilatório sobre o eixo x.

Para que o movimento oscilatório do ponto P se constitua numa **vibração**, ele deverá percorrer a trajetória **2 D**, denominada trajetória completa ou ciclo, conhecida pelo nome de **período de oscilação.**

Com base no detalhe da ilustração, podemos definir um **deslocamento** do ponto P no espaço. Esse deslocamento pode ser medido pelo grau de distanciamento do ponto P em relação à sua posição de repouso sobre o eixo x. O deslocamento do ponto P implica a existência de uma **velocidade** que poderá ser variável. Se a velocidade for variável, existirá uma certa **aceleração** no movimento.

Deslocamento

De acordo com o detalhe mostrado na ilustração, podemos definir o deslocamento como a medida do grau de distanciamento instantâneo que experimenta o ponto P no espaço, em relação à sua posição de repouso sobre o eixo x. O ponto P alcança seu valor máximo D, de um e do outro lado do eixo x. Esse valor máximo de deslocamento é chamado de **amplitude** de deslocamento, sendo medida em micrometro (µm). **Atenção:** 1 µm = 0,001 mm = 10^{-3} mm

Por outro lado, o ponto P realiza uma trajetória completa em um ciclo, denominado **período de movimento**, porém não é usual se falar em período e sim em **freqüência de vibração.**

Freqüência é a quantidade de vezes, por unidade de tempo, em que um fenômeno se repete. No caso do ponto P, a freqüência é a quantidade de ciclos que ela realiza na unidade de tempo. No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de freqüência recebe o nome de **hertz (Hz),** que equivale a um ciclo por segundo.

Na literatura mecânica é comum encontrarmos rotações por minuto (rpm) e ciclos por minuto (cpm) como unidades de freqüência. Essas unidades podem ser aceitas, considerando-se que o movimento de rotação do eixo é a causa, em última instância, da existência de vibrações em uma máquina, e aceitar que quando o eixo completa uma rotação, o ponto P descreverá um número inteiro de trajetórias completas ou ciclos.

Velocidade

O ponto P tem sua velocidade nula nas posições da amplitude máxima de deslocamento e velocidade máxima quando passa pelo eixo x, que é a posição intermediária de sua trajetória. No SI, a unidade de velocidade é metros/segundo (m/s). No caso particular do ponto P, a velocidade é expressa em **mm/s**.

Aceleração

Como a velocidade do ponto P varia no decorrer do tempo, fica definida uma certa aceleração para ele.

A variação máxima da velocidade é alcançada pelo ponto P em um dos pontos extremos de sua trajetória, isto é, ao chegar à sua elongação máxima D. Nessas posições extremas, a velocidade não somente muda de valor absoluto, como também de sentido, já que neste ponto ocorre inversão do movimento.

A aceleração do ponto P será nula sobre o eixo x, pois sobre ele o ponto P estará com velocidade máxima.

Resumindo, o movimento vibratório fica definido pelas seguintes grandezas: deslocamento, velocidade, aceleração, amplitude e freqüência.

Possibilidades da análise de vibrações

Por meio da medição e análise das vibrações existentes numa máquina em operação, é possível detectar com antecipação a presença de falhas que podem comprometer a continuidade do serviço, ou mesmo colocar em risco sua integridade física ou a segurança do pessoal da área.

A aplicação do sistema de análise de vibrações permite detectar e acompanhar o desenvolvimento de falhas nos componentes das máquinas. Por exemplo, pela análise de vibrações constatam-se as seguintes falhas:

- rolamentos deteriorados;
- engrenagens defeituosas;
- acoplamentos desalinhados;
- rotores desbalanceados;
- vínculos desajustados;
- eixos deformados;
- lubrificação deficiente;
- folgas excessivas em buchas;
- falta de rigidez;
- problemas aerodinâmicos ou hidráulicos;
- cavitação;
- desbalanceamento de rotores de motores elétricos.

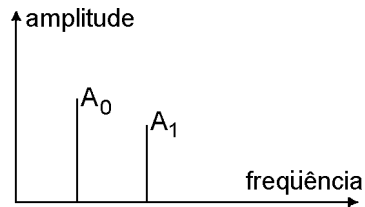
O registro das vibrações das estruturas é efetuado por meio de sensores ou captadores colocados em pontos estratégicos das máquinas. Esses sensores transformam a energia mecânica de vibração em sinais elétricos. Esses sinais elétricos são, a seguir, encaminhados para os aparelhos registradores de vibrações ou para os aparelhos analisadores de vibrações.

Os dados armazenados nos registradores e nos analisadores são, em seguida, interpretados por especialistas, e desse modo obtém-se uma verdadeira radiografia dos componentes de uma máquina, seja ela nova ou velha .

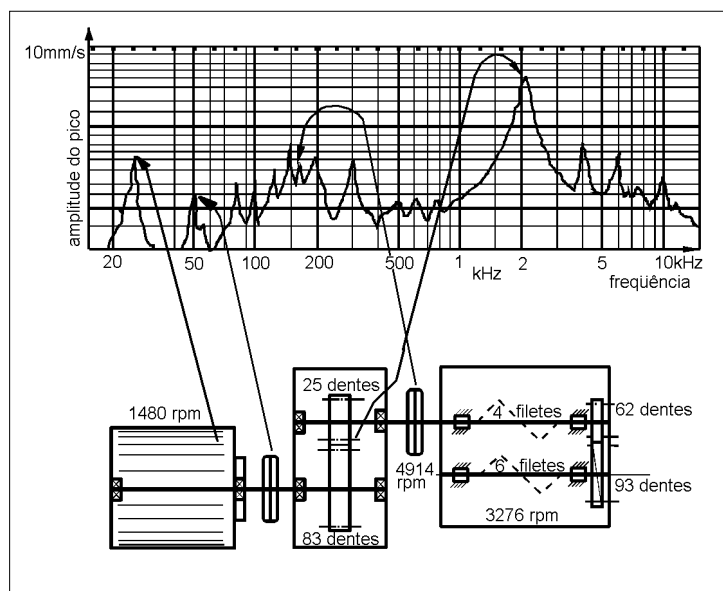
A análise das vibrações também permite, por meio de comparação, identificar o aparecimento de esforços dinâmicos novos, consecutivos a uma degradação em processo de desenvolvimento.

Os níveis de vibrações de uma máquina podem ser representados de várias maneiras, porém a maneira mais usual de representação é a spectral ou freqüencial, em que a amplitude da vibração é dada de acordo com a freqüência.

Graficamente temos:

amplitude
A_0
A_1
freqüência

No ponto A_0 temos a amplitude de uma certa vibração, e no ponto A_1 a amplitude de uma outra vibração. Desse modo, em um espectro todos os componentes de um nível vibratório são representados sob a forma de picos que nos permitem seguir, individualmente, a variação da amplitude de cada vibração e discriminar, sem mascaramentos, os defeitos em desenvolvimento nos componentes das máquinas.

A figura a seguir mostra um gráfico real de uma análise espectral. Esse gráfico foi gerado por um analisador de vibrações completo.

10mm/s
amplitude do pico
20 50 100 200 500 1 kHz 2 5 10kHz
freqüência
1480 rpm
25 dentes
83 dentes
4914 rpm
4 filetes
6 filetes
62 dentes
93 dentes
3276 rpm

Análise espectral das principais anomalias

As anomalias espectrais podem ser classificadas em três categorias:

Picos que aparecem nas freqüências múltiplas ou como múltiplos da velocidade desenvolvida pelo rotor

Dentro dessa categoria, os picos são causados pelos seguintes fenômenos:

- desbalanceamento de componentes mecânicos;
- desalinhamento;
- mau ajuste mecânico;

- avarias nas engrenagens;
- turbilhonamento da película de óleo;
- excitação hidrodinâmica;
- mau estado da correia de transmissão.

O fenômeno do desbalanceamento é a causa mais comum das vibrações, sendo caracterizado por uma forte vibração radial que apresenta a mesma freqüência de rotação do rotor.

O desalinhamento também é bastante comum em máquinas e provoca vibrações na mesma freqüência de rotação do rotor, ou em freqüências múltiplas, notadamente no caso de dentes acoplados .

Quando se tem um mau ajuste mecânico de um mancal, por exemplo, ou quando ocorre a possibilidade de um movimento parcial dele, no plano radial surge uma vibração numa freqüência duas vezes maior que a velocidade de rotação do eixo. Essa vibração aparece por causa do efeito de desbalanceamento inicial e pode adquirir uma grande amplitude em função do desgaste do mancal.

No caso de engrenamento entre uma coroa e um pinhão, por exemplo, ocorrerá sempre um choque entre os dentes das engrenagens. Isto gera uma vibração no conjunto, cuja freqüência é igual à velocidade de rotação do pinhão multiplicado pelo seu número de dentes.

O mau estado de uma correia em "V" provoca variação de largura, sua deformação etc., e como conseqüência faz surgir variações de tensão que, por sua vez, criam vibrações de freqüência iguais àquela da rotação da correia. Se as polias não estiverem bem alinhadas, haverá um grande componente axial nessa vibração.

Picos que aparecem em velocidades independentes da velocidade desenvolvida pelo rotor

Os principais fenômenos que podem criar picos com freqüências não relacionadas à freqüência do rotor são causados pelos seguintes fatores:

Vibração de máquinas vizinhas – O solo, bem como o apoio de alvenaria que fixa a máquina, pode transmitir vibração de uma máquina para outra.

Vibrações de origem elétrica – As vibrações das partes metálicas do estator e do rotor, sob excitação do campo eletromagnético, produzem picos com freqüências iguais às daquele rotor. O aumento dos picos pode ser um indício de degradação do motor; por exemplo, diferenças no campo magnético do indutor devido ao número desigual de espiras no enrolamento do motor.

Ressonância da estrutura ou eixos – Cada componente da máquina possui uma freqüência própria de ressonância. Se uma excitação qualquer tiver uma freqüência similar àquela de ressonância de um dado componente, um pico aparecerá no espectro.

As máquinas são sempre projetadas para que tais freqüências de ressonância não se verifiquem em regime normal de funcionamento, aceitando-se o seu aparecimento somente em regimes transitórios.

Densidade espectral proveniente de componentes aleatórios da vibração

Os principais fenômenos que provocam modificações nos componentes aleatórios do espectro são os seguintes:

Cavitação – Esse fenômeno hidrodinâmico induz vibrações aleatórias e é necessário reconhecê-las de modo que se possa eliminá-las, modificando-se as características de aspiração da bomba. A cavitação pode ser também identificada pelo ruído característico que produz.

Escamação dos rolamentos – A escamação de uma pista do rolamento provoca choques e uma ressonância do mancal que é fácil de identificar com um aparelho de medida de ondas de choque.

Na análise espectral, esse fenômeno aparece nas altas freqüências, para uma densidade espectral que aumenta à medida que os rolamentos deterioram.

Se a avaria no rolamento fosse em um ponto apenas, seria possível ver um pico de freqüência ligada à velocidade do rotor e às dimensões do rolamento (diâmetro das pistas interiores e exteriores, número de rolamentos etc.), porém isto é muito raro. Na verdade, um único ponto deteriorado promove a propagação da deterioração sobre toda a superfície da pista e sobre outras peças do rolamento, criando, assim, uma vibração do tipo aleatória.

Atrito - O atrito gera vibrações de freqüência quase sempre elevada. O estado das superfícies e a natureza dos materiais em contato têm influência sobre a intensidade e a freqüência das vibrações assim criadas. Parâmetros deste tipo são freqüentemente esporádicos, difíceis de analisar e de vigiar.

A tabela a seguir resume as principais anomalias ligadas às vibrações.

CAUSA	VIBRAÇÃO		OBSERVAÇÕES
	FREQÜÊNCIA	DIREÇÃO	
Turbilhão de óleo	De 0,42 a 0,48 X FR FR = Freqüência de rotação	Radial	Unicamente sobre mancais lisos hidrodinâmicos com grande velocidade.
Desbalanceamento	1 × FR Radial	Radial	Intensidade proporcional à velocidade de rotação.
Defeito de fixação	1, 2, 3, 4 × FR	Radial	
Defeito de alinhamento	2 × FR	Axial e radial	Vibração axial em geral mais importante, se o defeito de alinhamento contém um desvio angular.
Excitação elétrica	1, 2, 3, 4 × 60Hz	Axial e radial	Desaparece ao se interromper a energia elétrica.
Velocidade crítica de rotação	Freqüência crítica do motor	Radial	Aparece em regime transitório e desaparece em seguida.
Correia em mau estado	1, 2, 3, 4 × FR	Radial	
Engrenagens defeituosas	Freqüência de engrenamento = F F = nº de dentes × FR árvore	Radial + axial	Banda lateral em torno da freqüência de engrenamento.
Pinhão (“falsa volta”)	F ± FR pinhão	Radial + axial	Bandas laterais em torno da freqüência de engrenamento devido às “falsas voltas”.
Excitação hidrodinâmica	Freqüência de passagem das pás	Radial e axial	
Deterioração do rolamento	Altas freqüências	Radial e axial	Ondas de choque causadas por escamações.

Sensores ou captadores

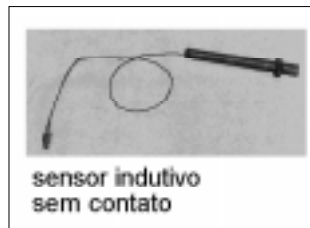
Existem três tipos de sensores, baseados em três diferentes sistemas de transdução mecânico-elétricos:

- **sensores eletrodinâmicos:** detectam vibrações absolutas de freqüências superiores a 3 Hz (180 cpm).

Sensor eletrodinâmico

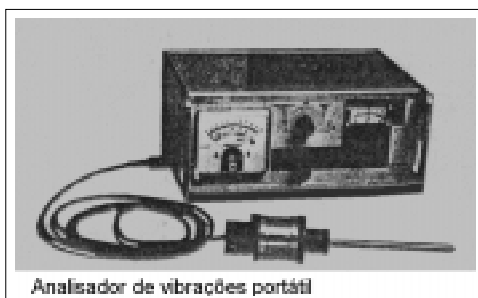
- **sensores piezoelétricos:** detectam vibrações absolutas de freqüências superiores a 1 Hz (60 cpm).

- **sensores indutivos** (sem contato ou de proximidade): detectam vibrações relativas desde 0 Hz, podendo ser utilizados tanto para medir deslocamentos estáticos quanto dinâmicos.

sensor indutivo de proximidade

sensor indutivo sem contato

Registradores

Medem a amplitude das vibrações, permitindo avaliar a sua magnitude. Medem, também, a sua freqüência, possibilitando identificar a fonte causadora das vibrações.

Os registradores podem ser analógicos ou digitais, e estes últimos tendem a ocupar todo o espaço dos primeiros.

Analisador de vibrações portátil

AULA
34

Analisadores

Existem vários tipos e, entre eles, destacam-se: analisadores de medição global; analisadores com filtros conciliadores (fornecem medidas filtradas para uma gama de freqüência escolhida, sendo que existem os filtros de porcentagem constante e os de largura da banda espectral constante) e os analisadores do espectro em tempo real.

Os analisadores de espectro e os softwares associados a eles, com a presença de um computador, permitem efetuar:

- o zoom, que é uma função que possibilita a ampliação de bandas de freqüência;
- a diferenciação e integração de dados;
- a comparação de espectros;
- a comparação de espectros com correção da velocidade de rotação.

Exercícios

Assinale X na alternativa correta.

Exercício 1

A amplitude do deslocamento de um ponto de uma estrutura de máquina em vibração é medida em:

a) ( ) micrometro;
b) ( ) femtometro;
c) ( ) attometro;
d) ( ) zeptometro;
e) ( ) yoctometro.

Exercício 2

Uma unidade usual de freqüência vibracional é o:

a) ( ) milímetro por segundo;
b) ( ) ciclo por minuto;
c) ( ) minuto por minuto;
d) ( ) segundo por segundo;
e) ( ) decímetro por hora.

Exercício 3

O movimento vibratório **não** é determinado apenas pela seguinte grandeza:

a) ( ) deslocamento;
b) ( ) velocidade;
c) ( ) aceleração;
d) ( ) freqüência;
e) ( ) trabalho.

Exercício 4

Por meio de uma análise de vibrações é possível constatar a presença de falhas:

a) (   ) na viscosidade de um lubrificante;
b) (   ) na intensidade da força de atrito;
c) (   ) em mancais de deslizamento e rolamento;
d) (   ) na tomada do motor da máquina;
e) (   ) na natureza química dos barramentos.

AULA

35

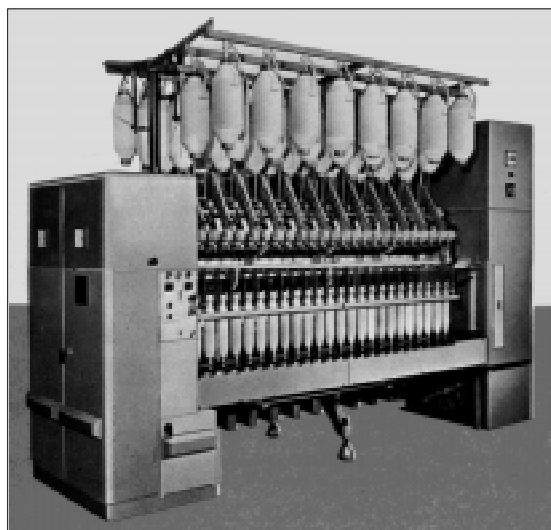
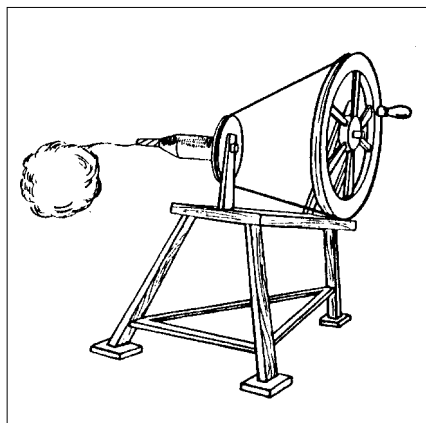
Aplicações da manutenção

Até agora vimos os conceitos de manutenção e as aplicações das suas diversas modalidades. Estudamos também os procedimentos de manutenção para vários tipos de elementos mecânicos, bem como métodos de coleta e análise de dados referentes a lubrificantes e vibrações.

Nesta aula veremos como se processa a manutenção em outros segmentos de produção e serviços, com o objetivo de mostrar a importância desta prática.

Manutenção na indústria têxtil

A indústria têxtil é considerada uma das mais antigas do mundo, pois ela se dedica a satisfazer uma das necessidades básicas dos seres humanos, ou seja, a de se vestir.

O ramo têxtil evoluiu graças ao aperfeiçoamento das técnicas manufatureiras preexistentes e à descoberta de novas técnicas. As primeiras máquinas de tear eram extremamente simples e acionadas manualmente. Hoje, são empregadas máquinas automatizadas que fabricam tecidos a partir de fios provenientes de fibras naturais e sintéticas.

As fibras naturais utilizadas como matéria-prima pela indústria têxtil são, em sua maioria, de origem vegetal: juta, rami, linho, sisal, algodão. De origem animal temos a lã e a seda. De origem sintética, proveniente da indústria petroquímica, podemos citar o náilon, o raiom e o poliéster, dentre as dezenas de fibras utilizadas na confecção de tecidos.

A indústria têxtil teve grande influência na História, pois alavancou a Revolução Industrial no século XIX quando passou a utilizar a máquina a vapor para mover os teares ingleses.

No atual contexto econômico, a indústria têxtil continua em evolução e se destacando pela capacidade de investimentos e de absorção de mão-de-obra.

A manutenção das máquinas têxteis é sempre problemática, pois elas apresentam características construtivas completamente diferentes uma das outras. Mesmo assim, a manutenção é necessária.

Como já foi estudado, são dois os objetivos da manutenção: garantir a qualidade dos produtos confeccionados pelas máquinas e prolongar a vida útil delas. Esses dois objetivos podem ser alcançados se o serviço de manutenção melhorar a capacidade dos equipamentos em uso na produção.

A melhoria deverá ter custos reduzidos e compatíveis com as metas de produção e despesas estabelecidas no plano global de atuação de cada empresa.

Nos diversos setores da indústria têxtil, a manutenção das máquinas e equipamentos é feita em termos de manutenção corretiva, preventiva e preditiva, e as mais modernas fazem trabalhos de manutenção pró-ativa, que será comentada logo mais.

Relembrando, a manutenção corretiva é aquela que executa intervenções urgentes quando ocorre uma parada imprevista de uma máquina por motivo de quebra ou defeito no material que ela produz. O mecânico de manutenção ou uma equipe de manutenção vai até a máquina verificar a situação e determina o que deve ser feito de acordo com os recursos disponíveis: peças de reposição e pessoal.

Às vezes é melhor deixar a máquina parar por quebra do que pará-la para uma manutenção preventiva. Esse procedimento, aparentemente errôneo, justifica-se pela simples razão de que tirar uma máquina da produção onera todos os custos de fabricação. Em síntese, a manutenção corretiva deverá continuar existindo.

Um ditado popular diz que “prevenir é melhor do que remediar”. Esse ditado aplica-se a um outro tipo de manutenção conhecida pelo nome de preventiva. A manutenção preventiva é bastante empregada na indústria têxtil, pois assegura o funcionamento constante das máquinas e a obtenção de produtos com qualidade.

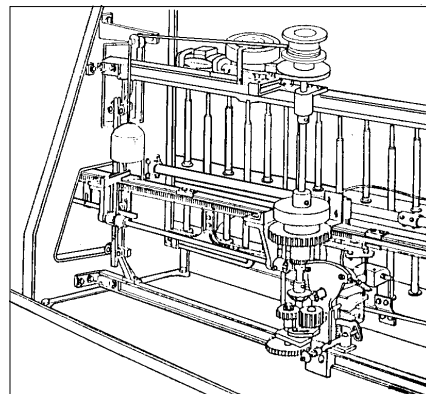
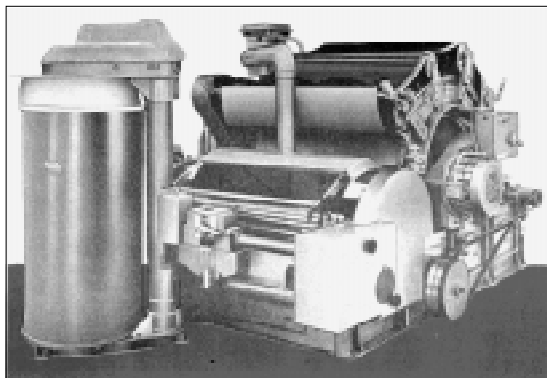
A manutenção preventiva requer um planejamento criterioso, em que todos dados das máquinas são registrados e controlados. De acordo com os dados, são feitas paradas programadas para intervenção do pessoal da manutenção.

Como já foi estudado, durante a execução da manutenção preventiva, peças que vão se quebrar por fadiga ou por esgotamento da vida útil são trocadas. Os lubrificantes também são trocados. Salientemos que muitos componentes mecânicos de máquinas têxteis devem ser lubrificados diariamente.

Outro tipo de manutenção utilizado em indústrias têxteis é a preditiva. A manutenção preditiva, como foi visto, baseia-se na monitoração de componentes mecânicos em funcionamento. Os dados coletados são analisados e vão informar qual o nível de desgaste que um dado componente está apresentando. Identificados o componente e o tipo de desgaste, é possível substituir o componente por outro antes que danos maiores apareçam, fazendo a máquina parar.

Por exemplo, válvulas de sistemas pressurizados de máquinas que atuam na fabricação de fios sintéticos são monitoradas.

Na indústria têxtil, a presença da manutenção pró-ativa também é uma realidade. Esse tipo de manutenção visa analisar as causas dos defeitos com a finalidade de desenvolver sistemas e mecanismos onde eles não mais apareçam. Assim, aumenta-se a vida útil dos equipamentos e diminui-se a possibilidade de quebras, com aumento da produção.

Apesar da grande variedade de máquinas existentes na indústria têxtil, seus elementos mecânicos são conhecidos dos mecânicos de manutenção. Nas máquinas têxteis há rolamentos, eixos, retentores, correntes, polias, engrenagens, barramentos etc.

Assim, não há defeito que não possa ser resolvido, desde que o mecânico de manutenção seja treinado e especializado para trabalhar com máquinas têxteis. Sendo capacitado e tendo experiência, o homem da manutenção saberá resolver os problemas das máquinas têxteis e regulá-las com precisão, deixando-as aptas para desempenhar suas funções: produção máxima e com qualidade.

Manutenção em aeronaves

A manutenção das aeronaves é baseada em planejamento, sendo 80% preventiva e preditiva e 20% corretiva.

A manutenção corretiva é utilizada essencialmente nos sistemas eletrônicos e instrumentais da aeronave, pois eles existem em duplicata.

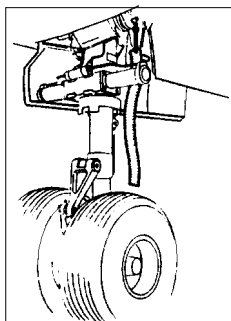
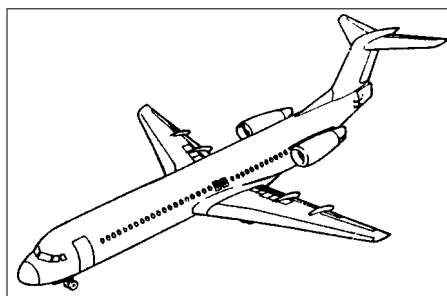
Dois aspectos são primordiais na aviação: segurança e disponibilidade.

A duplicidade de sistemas melhorou a disponibilidade das aeronaves nos dias atuais, isto é, diminuiu o tempo de parada, principalmente nos itens que envolvem segurança, excetuando-se algumas partes como os trens de pouso.

Com o aumento da disponibilidade, as aeronaves ficam mais tempo em operação e os lucros das empresas aéreas crescem.

Os planos básicos de manutenção das aeronaves são previamente determinados pelos fabricantes, incluindo a época de inspeção e a vida útil dos equipamentos. Os planos de manutenção devem ser aprovados pelo DAC (Departamento de Aviação Civil), um órgão governamental que fiscaliza as companhias aéreas.

A manutenção de uma aeronave, sempre que possível, é feita com os componentes instalados ou na época da manutenção geral, quando podem ser retirados, caso seja necessário.

Todos os componentes e equipamentos (trem de pouso, turbina a jato, hélice e outros) têm um tempo de vida útil garantido pelo fabricante.

O próprio avião também tem uma vida útil definida e garantida pelo fabricante. Ultrapassado esse tempo, o fabricante não mais se responsabiliza pela eficiência e segurança da aeronave. Por exemplo, um avião de tamanho médio, com duas turbinas, deve ser descartado após 90 mil horas de vôo.

Qualificação do mecânico de aviação

Para uma pessoa se tornar um mecânico de aviação, ela deverá satisfazer os seguintes pré-requisitos:

- ter certificado de conclusão de Curso Técnico em Mecânica ou Eletromecânica;
- ter freqüentado um curso específico para manutenção de aeronaves;
- ter prestado exame no DAC.

Se a pessoa for aprovada no exame realizado pelo DAC, receberá uma autorização e um número de registro profissional e estará habilitada a executar trabalhos de manutenção de aeronaves.

Níveis de manutenção em aeronaves

A manutenção de aeronaves é realizada em três níveis distintos, que recebem os seguintes nomes: manutenção diária, manutenção em trânsito e manutenção "checks".

Manutenção em trânsito

A manutenção em trânsito é feita toda vez que uma aeronave chega a um aeroporto. Consiste em uma inspeção visual a cargo do mecânico e do piloto. De posse de uma lista de itens (cheklist) a serem obrigatoriamente inspecionados, o mecânico e o piloto examinam várias partes da aeronave, como os flaps, o trem de pouso e os instrumentos.

Manutenção diária

A manutenção diária da aeronave é mais detalhada, sendo realizada uma vez ao dia. Essa manutenção é feita pelo mecânico de manutenção que, além de repetir todas as inspeções efetuadas durante o trânsito, testa todos os sistemas operacionais da aeronave. Nessa manutenção diária faz-se uma vistoria geral de todas as partes críticas da aeronave, tais como fuselagem, sistema de freios das rodas, sistema de pressurização etc.

Os testes feitos no sistema operacional visam garantir a disponibilidade da aeronave, evitando assim o surgimento de algum problema que venha a ser detectado pela manutenção em trânsito. Se houver algum problema detectado pela manutenção em trânsito, a aeronave só poderá levantar vôo depois que ele for sanado.

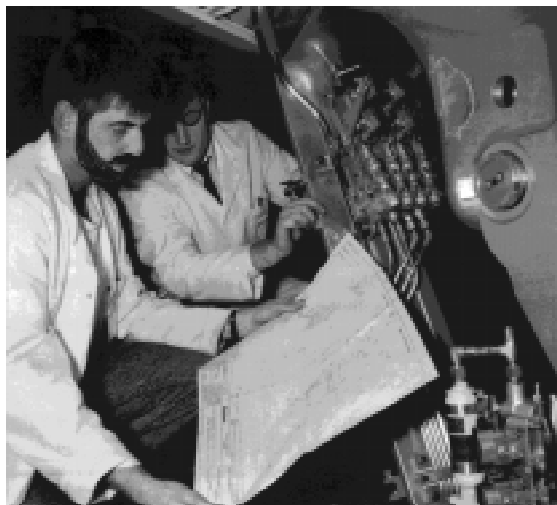
Manutenção "checks"

Esse tipo de manutenção é feito escalonadamente, de acordo com as horas de vôo da aeronave. Por exemplo: a manutenção checks de um avião médio de duas turbinas é feita escalonadamente quando ele atingir as seguintes horas de vôo: 250 horas, mil horas, 3 mil horas e 12 mil horas.

Essas manutenções são realizadas para garantir o bom funcionamento da aeronave, tanto em segurança quanto em disponibilidade.

Os checks mais comuns em aeronaves são em número de quatro e recebem os seguintes nomes: check A (alfa), check B (beta), check C (charle) e check D (delta).

- **Check A (alfa)**: é uma manutenção que envolve uma inspeção generalizada da aeronave. Vários pontos são lubrificados e alguns sistemas operacionais, como o sistema de flaps, são verificados. O check A (alfa) é realizado em geral a cada 250 horas de vôo.

- **Check B (beta)**: nesse check, repete-se tudo o que foi feito no check A (alfa) e acrescentam-se outras tarefas. A diferença entre um check A (alfa) e um check B (beta) é a quantidade de itens a serem inspecionados e reparados, quando necessário. O check B (beta) é realizado em geral a cada mil horas de vôo. Podemos comparar essa checagem com aquela que fazemos em nosso automóvel para verificar se a seta do painel, indicadora das manobras à direita ou à esquerda, está funcionando ou se existe algum fusível queimado.

- **Check C (charle)**: esse check incorpora os checks anteriores, e a diferença entre o check C (charle) e os anteriores é que nele são feitas algumas desmontagens, mas nenhuma inspeção na estrutura do avião. O check C (charle) é feito em geral a cada 3 mil horas hora de vôo.

- **Check D (delta)**: nesse check a aeronave é desmontada e inspecionada integralmente, incorporando-se todos os passos do check C (charle). Cada peça é submetida a rigorosos testes de laboratório. Nesses testes são feitos exames das estruturas com:
  – líquido penetrante (LP);
  – raios X;
  – ultra-som;
  – raios gama.

Todos esses exames são feitos para detectar possíveis problemas de estrutura e níveis de fadiga de componentes críticos. Além disso, a pintura da aeronave, depois de novamente montada, é totalmente refeita.

Ao término do check D (delta), a aeronave encontra-se praticamente nova, como se tivesse saído da fábrica. A partir daí, recomeça-se novamente todo o ciclo de manutenção.

A diferença entre o chek D (delta) e o check C (charle) é que no D realiza-se uma manutenção e inspeção estrutural bem mais profunda e generalizada. O check D (delta) é feito em geral a cada 12 mil horas de vôo.

Conclusão

A manutenção, mesmo passando despercebida pela maioria das pessoas, é uma operação de fundamental importância para que tanto os produtos quanto os serviços venham a ser executados com qualidade, segurança, lucratividade etc.

Dentre outros fatores que contribuem para diminuir o custo de produtos e serviços, encontra-se um elaborado serviço de manutenção.

Gabarito
das aulas 1 a 34

Aula 1 - Introdução à manutenção

1.

a) F; **b)** V; **c)** V; **d)** F; **e)** F; **f)** V; **g)** V.

2.

a) Consiste no conjunto de procedimentos e ações antecipadas que visam manter a máquina em funcionamento.

b) A manutenção corretiva tem por objetivo localizar e reparar osdefeitos em equipamentos que operam em regime de trabalhocontínuo.

c) A manutenção de ocasião consiste em fazer consertos quando a máquina se encontra parada.

d) Planejar significa conhecer os trabalhos, os recursos para executá-los e tomar decisões.

e) Como? O que? Em quanto tempo? Quem? Quando? Quanto?

3. a) Administração; **b)** Controle

Aula 2 - TPM - Planejamento, organização, administração

1. c; **2.** e; **3.** b; **4.** a; **5.** físicos e psicológicos.

6. 1) g; **2)** c; **3)** b; **4)** e; **5)** f; **6)** h; **7)** a; **8)** d.

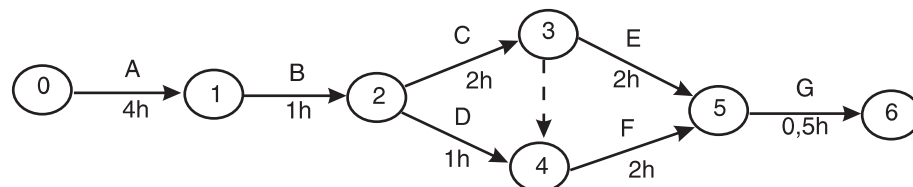
Aula 3 - CPM - Método do caminho crítico

1. 4, 2, 5, 1, 3, 6

2. c

3. b

4. a) PERT; b) CPM, manutenção; c) flechas, círculos; d) fantasma; e) visualização.

5.

Aula 4 - Manutenção corretiva

1. d

2. b

3.
Unidade: Pintura
Equipamento: de exaustão
Subconjunto: 83
Conjunto: 235
Parada: 2:00
Natureza da avaria: 15
4. Porque o conjunto sofreu uma parada inesperada motivada pela desregulagem da correia.

Aula 5 - Manutenção preventiva

1. b; **2.** c; **3.** a; **4.** e.

Aula 6 - Manutenção preditiva

1. c; **2.** a; **3.** b; **4.** c.

Aula 7 - Soldagem de manutenção I

1.
a) A solda de manutenção é um meio muito utilizado para prolongar a vida útil das peças de máquinas e equipamentos.
b) A solda de produção é executada dentro de condições favoráveis onde a composição química do metal de base é conhecida. A solda de manutenção passa por restrições e limitações que são agravadas pela rapidez com que deve ser efetuada a recuperação do
componente.
c) Deve-se:
– analisar o local da falha;
– determinar a causa da falha;
– determinação do funcionamento;
- reconhecer os materiais envolvidos;
– determinar o estado do material.
d) Fratura, desgaste ou corrosão
e) Altas solicitações e fadiga do material.

Aula 8 - Soldagem de manutenção II

1. a; **2.** d; **3.** c; **4.** e;

Aula 9 - Noções de manutenção de hidráulica industrial

1. b; **2.** c; **3.** d; **4.** e.
5. a) 3; **b)** 1; **c)** 2; **d)** 4.

Aula 10 - Noções básicas de pneumática

1. a) 3; **b)** 5; **c)** 4; **d)** 1; **e)** 2.
2.
a) O ar é constituído por uma mistura de gases: oxigênio, neônio, nitrogênio, gás carbônico, argônio e partículas de poeira.
b) Deve se apresentar isento de impurezas e de água.
c) 6 bar ou 600 kpa.
d) Para evitar a presença de fluxos turbulentos.
e) Azul.
f) Desgaste de retentores, molas do cilindro fadigadas, desgaste na camisa do atuador, excesso de pressão, ressecamento de retentores e guarnições.

g) De cinco vias e duas posições e as de três vias e duas posições.
h) Válvulas alternadoras, válvulas de simultaneidade ou de duas pressões e válvulas de escape rápido.

Aula 11 - Manutenção eletroeletrônica I

1. a) 2; **b)** 1; **c)** 3
2. a) V; b) V; c) V; d) V.
3. b
4. d
5. a
6. b

Aula 12 - Manutenção eletroeletrônica II

1. e; **2.** c; **3.** d; **4.** Limpeza e bons contatos.

Aula 13 - Análise de falhas em máquinas

1. a; **2.** b; **3.** d; **4.** b; **5.** e; **6.** d.

Aula 14 - Uso de ferramentas

1. a; **2.** b; **3.** b;. **4.** d; **5.** e.

Aula 15 - Desmontagem

1. b; **2.** d; **3.** c; **4.** e 5. d; **6.** e; **7**. a; **8.** e.

Aula 16 - Montagem de conjuntos mecânicos

1. a
2. b
3. montagem peça a peça e montagem em série
4. lubrificá-los

Aula 17 - Recuperação de elementos mecânicos

1. e; **2.** a; **3.** b; **4.** d; **5.** a; **6.** c.

Aula 18 - Travas e vedantes químicos

1. c; **2.** a; **3.** b; **4.** d; **5.** d.

Aula 19 - Mancais de rolamento I

1. c; **2.** c; **3.** c.

Aula 20 - Mancais de rolamento II

1. c; **2.** d; **3.** a;
4. **a)** arranhamento da superfície externa; **b)** rotação do anel em relação ao eixo e à caixa;
c) escolher um ajuste com maior interferência.

Aula 21 - Mancais de deslizamento

1. 1) d; **2)** c; 3) a; **4)** e.
2. a) eixo, observadas; **b)** nível; **c)** relógio comparador.
3.
vantagens: são simples de montar e desmontar; adaptam-se facilmente às circunstâncias.
desvantagens: produzem altas temperaturas em serviço; provocam perda de

rendimento devido ao atrito.
4. evita deformações, vibrações e outras irregularidades prejudiciais ao bom funcionamento do sistema.

Aula 22 - Eixos e correntes

1. b
2. c
3. b
4. a) F; **b)** F **c)** V; **d)** F; **e)** V; **f)** F; **g)** V; **h)** V; **i)** F; j) V

Aula 23 - Polias e correias I

1. circulares, canais
2. planas e trapezoidais
3. "V"
4. bordas, oxidadas
5. correias
6. a) V; **b)** F; **c)** V; **d)** F; **e)** V

Aula 24 - Polias e correias II

1. a
2. c
3. 1 (e); 3 (f); 4 (c); 5 (a); 6 (b); 7 (g); 8 (d)
4.
– baixo custo de manutenção;
– são silenciosas;
– não patinam facilmente;
– permitem grandes relações de transmissão.

Aula 25 - Variadores de velocidade, redutores e manutenção de engrenagens

1. b; **2.** a; **3.** d; **4.** e; **5.** d

Aula 26 – Sistemas de vedação I
1. a) F; **b)** V; **c)** V; **d)** V; **e)** F; **f)** F
2. c
3. d
4. e
5. b
6. d

Aula 27 - Sistemas de vedação II

1. a) algodão, juta, asbesto, náilon, teflon, borracha, alumínio, latão e cobre.
b) servem para vedar a passagem de um fluxo de fluido de um local para outro.
c) manter a gaxeta alojada entre o mancal e o eixo, sob pressão conveniente para o trabalho.
d) em forma de corda ou anéis.
2.
a) pressão, hidráulicos;
b) principal, polidas;
c) secundária;
– elimina o desgaste prematuro do eixo e da bucha;
– vazão ou fuga do produto em operação é mínima ou imperceptível;

– tem capacidade de abosrver o jogo e a deflexão normais do eixo rotativo.

Aula 28 - Alinhamento geométrico e nivelamento de máquinas e equipamentos

1. a) V; **b)** F; **c)** F; **d)** V; **e)** V
2. a
3. b
4. d
5. c
6. b

Aula 29 - Recuperação de guias ou vias deslizantes I

1. c; **2.** d; 3. a; **4.** c; **5.** d.

Aula 30 - Recuperação de guias ou vias deslizantes II

1. b; **2.** e; **3.** d; **4.** c; **5.** a; **6.** a.

Aula 31 - Lubrificação industrial I

1. Consiste em introduzir uma substância apropriada entre superfícies sólidas que estejam em contato entre si e que executam movimento relativo, a fim de diminuir o atrito.
2. Os óleos e as graxas.
3. Mineral, vegetal, animal e sintético.
4. É a resistência ao escoamento oferecida por um fluido.
5. Graxas são compostos lubrificantes semi-sólidos constituídos de uma mistura de óleo, aditivos e agentes engrossadores chamados sabões metálicos.
6. Com óleo de alta viscosidade, pois há necessidade de se manter o filme lubrificante entre o eixo e o mancal.

Aula 32 - Lubrificação industrial II

1. c; **2.** a; **3.** b; **4.** d; **5.** e.

Aula 33 - Análise de lubrificantes por meio da técnica ferrográfica

1. b; **2.** e; **3.** a; **4.** c; **5.** d; **6.** a.

Aula 34 - Análise de vibrações

1. a; **2.** b; 3. e; **4.** c.

Bibliografia

ABIMAQ:SINDIMAQ. **Máquinas e Acessórios Têxteis Brasileros**. 4 ed. São Paulo, 1989.

AIRBUS INDUSTRIE. Blagnac, 1993. [Catálogo].

AMARAL FILHO, Dario do et al. **Ciências Aplicadas ll: 7 Pressão**. 3 ed. São Paulo, SENAI, 1991.

BOMBARDIER REGIONAL AIRCRAFT. Downsview, s.d. [Catálogo].

BONJORNO, Regina Azenha e outros. **Física 2º grau**. São Paulo, FTD, 1988.

BOYLESTAD, Robert et al. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. Trad. Alberto Gaspar Guimarães et al. 5 ed. Rio de Janeiro, Prentice-Hall do Brasil, 1994.

BRITISH AEROSPACE COMMERCIAL AIRCRAFT. Ayrshire, 1991. [Catálogo].

CAPUANO, Francisco Gabriel et al. **Laboratório de Eletricidade e Eletrônica**. São Paulo, Érica, 1988.

CARVALHO, Luiz Tavarez de. **Gerenciamento de Manutenção**. Curso de Pós-Graduação - FEI. São Paulo, 1995.

CAVICHIOLI , Carlos Aparecido. **Planejamento e Administração da Manutenção**. São Paulo, SENAI, 1990.

CAVICHIOLI, Carlos Aparecido. **Supervisor de 1ª linha: Planejamento e Administração da Manutenção**. São Paulo, SENAI, 1990.

CAVICHIOLI, Carlos Aparecido. **Supevisor de 1ª Linha: Elementos e Conjuntos Mecânicos de Máquinas**. São Paulo, SENAI, 1990.

CHICAGO PNEUMATIC. São Paulo, s.d. [Catálogo].

COMPUTATIONAL SYSTEMS. Huston, 1994. [Catálogo].

DELMAR PUBLISHERS INC. **A Fresadora**. Trad. Ronaldo Sergio de Biasi. Rio de Janeiro, 1967.

DRAPINSKI, Janusz. **Manutenção Mecânica Básica: Manual Prático de Oficina**. São Paulo, McGraw-Hill, 1978.

EIM Indústria Metalúgica Ltda. **Manual Técnico de Aplicação**, s.d.

ESAB. **Manual da Soldagem de Manutenção**, s.d.

FARIA, J. G. de Aguiar. **Administração da Manutenção**. São Paulo, Edgard Blucher, 1994.
FESTO DIDATIC. **Introdução à Pneumática Industrial**. São Paulo, 1995.
FOKKER AIRCRAFT B. V. Amsterdan, 1993. [Catálogo].
FRANCO, Sérgio Nobre et al. **Comandos Pneumáticos**. São Paulo, SENAI, 1985.
GEDORE. **Catálogo**. São Leopoldo, 1984.
GELDER, T.J. Vangelder. **Curso de Formacion Profesional: Oficial Mecanico. 3 v.** Bilbao, Urmo, 1971.
GOMES, Guilherme Faria et al. **Reprin: Indústria, Comércio e Manutenção.** s.i. [Apostila].
Guia ABF de Ferramentas. 6 ed. São Paulo, Banas ,1992-93.
INSTRONIC INSTRUMENTOS DE TESTES. s.d. [Catálogo].
KUME, Hitoshi. **Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade**. Trad. Dario Ikuo Miyake. 8 ed. São Paulo, Gente, 1995.
LOCTITE BRASIL. **Guia do Usuário: Catálogo**. Itapevi, s.d.
LOUVET, J.C. **Manual do Torneiro**. 6 ed. São Paulo, LEP, 1960.
MANNESMANN REXROTH. **Catálogos de Guias de Rolamentos**. São Paulo, s.d. **Mecânicos de Máquinas**. São Paulo, SENAI, 1990.
MIRSHAWKA, Victor. **Manutenção Preditiva: Caminho para o Zero Defeito.** São Paulo, Macgraw-Hill, 1991.
MOBIL. **Fundamentos da Lubrificação.** São Paulo,Mobil, 1979.
MOREIRA, Ilo da Silva Moreira. **Compressores: Instalação, Funcionamento e Manutenção**. São Paulo, SENAI, 1991. [Série tecnol. ind. 2].
MOREIRA, Ilo da Silva. **Hidráulica Móbil**. São Paulo, SENAI, 1995.
MOTTER, Osir. **Manutenção Industrial**. São Paulo, Hemus, 1992.
MOURA, Carlos R. S. e CARRETEIRO, Ronald P. **Lubrificantes e Lubrificação.** Rio de Janeiro, Técnica, 1978.
MOURA, Eduardo C. **Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade**. São Paulo, Makron Books, 1994.
NAKAJIMA, Seiichi**. Introdução ao TPM**. São Paulo, IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.
NAKAJIMA, Seiichi**. TPM Development Program: Implementing Total Productive Manutenance**. s.l. Productivity, s.d.
NARDINI. **Manual do Torno Mecânico Mascote**. Americana,SP, 1978.
NOVAES, Regina Célia Roland e CONDE, Maurício. **Mecânico de Manutenção**. São Paulo, SENAI, 1987.
PEREIRA, Mauro José. **Tecnologia Têxtil Básica**. São Paulo, Cebrafam, s.d.
REVISTA MANUTENÇÃO nº 38, Rio de Janeiro, et/Out 1992. p.3.
RIBEIRO , Luiz Gonzaga. **Introdução a Tecnologia Têxtil**. Rio de Janeiro, CETIQT: SENAI, 1984, v.1 p.1, 4, 118 e 164.
RODRIGUES, Ednaldo Caetano. **Tecnologia da Carda**. Rio de Janeiro, CETIQT: SENAI, 1985.
RUNGE, Peter. R. F. e DUARTE, Gilson N. **Lubrificantes nas I**ndu]ustrias. Cotia, Triboconcept, 1990.
SABÓ IND. E COM. São Paulo, 1989. [Catálogo].
SACRISTAN, Francisco Rey. **Gestão Industrial, Manutenção Mecânica na Indústria e Oficinas**. Portugal, Cetop, 1992. [coleção Gestão].
SCHONBERGER, Richard J. **Fabricação Classe Universal: As Lições de Simplicidade Aplicadas**. Trad. João Mario Csillag. São Paulo, Pioneira, 1988.
SENAI. **Tecnologia Aplicada: Ajustador Mecânico fit**. São Paulo, 1983.
SENAI/SP. **Mecânico de Manutenção: Maçaroqueira**. São Paulo, 1981.
SHAMBAN. **Sistema Slydway em Turcite "B".** s.d. [Catálogo].

SHIROSE, Kunio. **TPM for Workshop Leaders**. Portland, Productivity, 1992.
SHRADER Bellows. **Princípios Básicos, Produção, Distribuição e Condicionamento do Ar Comprimido**. São Paulo, 1987.
SHROCK, Joseph. **Montagem, Ajuste, Verificação de Peças de Máquinas**. Trad. José R. da Silva. Rio de Janeiro, Reverté, 1979.
SILVA, Marcos José de Morais e outros. **Manutenção de Máquinas e Equipamentos**. São Paulo, SENAI, s.d.
SKF Ferramentas. **Falhas de Rolamentos e suas Causas**. São Paulo, 1991.
SKF Ferramentas. **Guia de Manutenção e Reposição de Rolamentos**. São
SKF Ferramentas. **Introdução aos Mancais de Rolamentos**. São Paulo, 1991.
SKF Ferramentas. **Métodos e Ferramentas para Montagem e Desmontagem de Rolamentos**. São Paulo, 1991.
SOARES, Rui Abreu. **Manual de Manutenção Preventiva**. Rio de Janeiro, CNI, s.d.
TAKAHASHI, Uoshikazu e OSADA, Takashi**. TPM/MPT Manutenção Produtiva Total**. São Paulo, IMAN, 1993.
TAM. **Fotos**. São Paulo, 1996.
UTP Brasileira de Soldas Ltda. **100 Soluções Práticas para a Remoção Econômica de seus Problemas de Solda**. São Paulo, s.d.
YACUBSOHN, Rodolfo V. **Manutenção Preditiva para Máquinas Industriais**. Revista Mundo Mecânico. Maio/1986, p. 17-20.